



Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

- + *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.
- + *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.
- + *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.
- + *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página <http://books.google.com>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

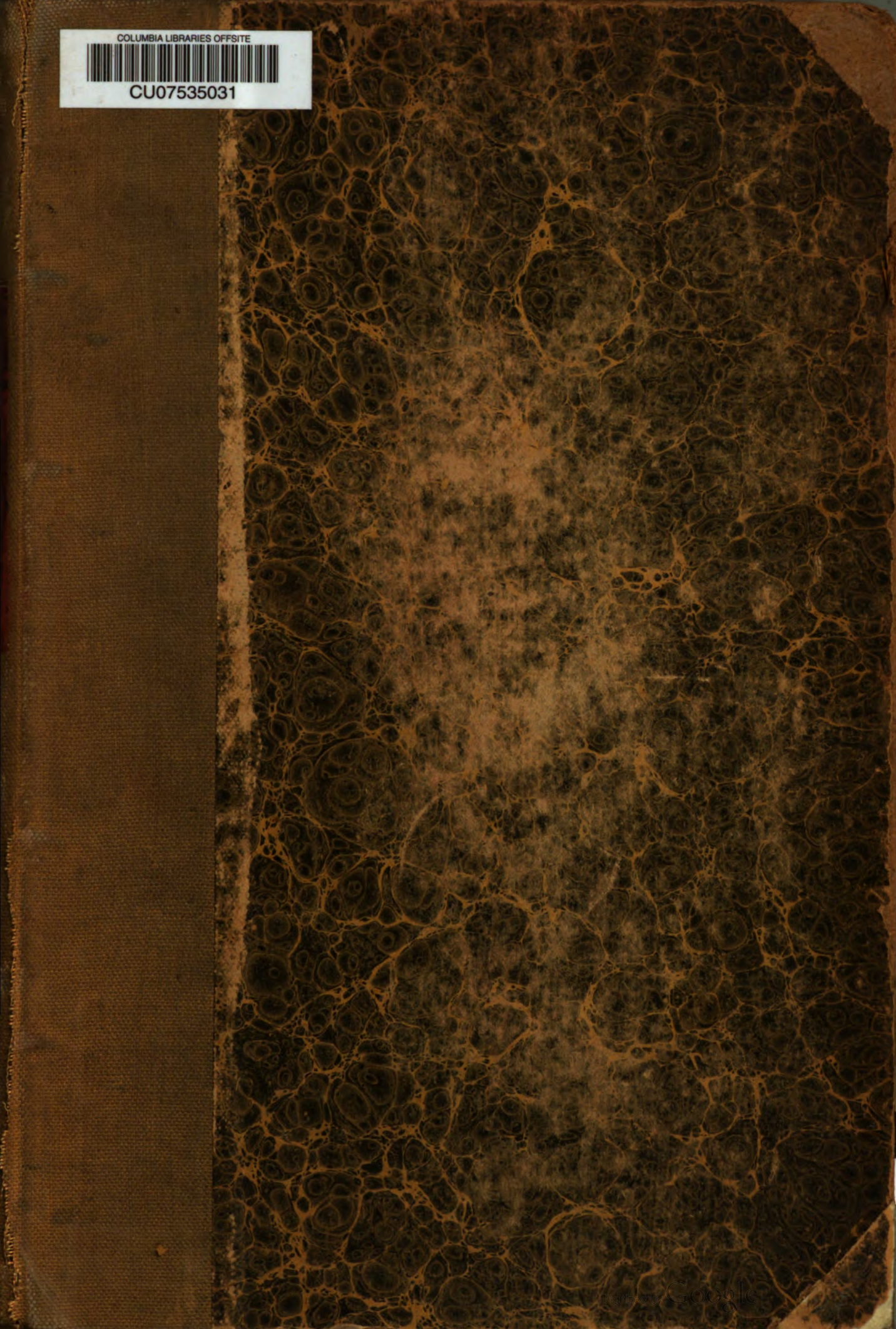
À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

COLUMBIA LIBRARIES OFFSITE



CU07535031



Science Seminar
EGLESTON



Columbia University
in the City of New York
LIBRARY



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

44679

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,
Quai des Grands-Augustins, 55.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS A ÉTÉ RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE LE 7 DÉCEMBRE 1886.

DEUXIÈME SÉRIE.
TOME X. — ANNÉE 1910.



SIÈGE SOCIAL }
LABORATOIRE } 12 et 14, rue de Staël
à Paris.

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1910



Héliog. Dujardin

Phot. Pierre Petit

HENRI PELLAT

1850 - 1909

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Discours prononcé aux obsèques de **M. Pellat**, p. 5.

Admission de Membres titulaires, p. 10. — Nouveaux procédés de transmission en radiotélégraphie (**M. le Commandant Ferrié**), p. 13. — Observations de **M. Blondel** sur la Communication de **MM. Herdt et Dalémont (M. Georges Guy)**, p. 39.

BIBLIOGRAPHIE, p. 60.

OUVRAGES OFFERTS, p. 64.

La Société des Électriciens a eu la grande douleur de perdre son Président, mort le 18 décembre 1909.

M. Bouty a prononcé à ses obsèques, au nom de la Société, le discours suivant :

« C'est avec une douleur profonde que je viens, au nom de la Société internationale des Électriciens, rendre un dernier hommage au savant éminent, au professeur si remarquable, à l'ami si dévoué qui nous est brusquement enlevé, en pleine maturité, en pleine production scientifique. Il y a huit jours, il présidait encore une de nos Commissions, il faisait à la Sorbonne une leçon à ma place, et cela avec un si beau zèle, une jeunesse, un enthousiasme si communicatifs, qu'on ne pouvait même soupçonner l'imminence d'un malheur. Nous devons nous flatter de le conserver de longs jours encore. Il apportait à tout ce qu'il faisait une ardeur, une flamme que ressentaient aussi bientôt tous ceux qui avaient l'honneur de collaborer avec lui.

» Ne collaborions-nous pas ensemble depuis 30 ans ? Nous fûmes d'abord élèves d'un même maître, **Jamin**, dont le laboratoire, en ce

temps-là, était le principal foyer des études physiques. De cette pléiade de jeunes savants, Lippmann et Blondlot étaient les protagonistes. C'est dans ce milieu que j'ai d'abord connu Pellat. Il m'a succédé en 1885 comme maître de conférences à la Sorbonne, puis est devenu notre collègue dans une chaire créée spécialement pour lui. Nos laboratoires étaient voisins, nous nous rencontrions sans cesse là et ailleurs, car une remarquable communauté de goûts nous rapprochait partout, à la Société de Physique, dont il fut longtemps secrétaire général, puis président; à la Société des Électriciens où notre collaboration était devenue encore plus intime dans ces derniers temps, enfin aux caravanes scolaires du Club alpin. Son ancien de quelques années, il semblait que je dusse attendre de lui, quelque jour, le dernier hommage que, par une triste interversion des choses, je suis appelé à lui rendre si prématurément.

» L'œuvre scientifique de Pellat est des plus considérables. Appelé successivement, par son enseignement à la Faculté des Sciences, à cultiver les branches les plus variées de la Physique, il s'est presque également intéressé à toutes. Partout il a marqué sa trace. Optique, Thermodynamique, Électricité lui étaient également familières. Il a même débuté à l'Observatoire de Paris comme météorologiste.

» Pellat s'est d'abord attaché à perfectionner la théorie de la réflexion de Cauchy en supposant une épaisseur finie aux couches de passage. Presque aussitôt il aborde le difficile problème des forces électromotrices de contact des métaux, et il en tire une thèse de doctorat des plus remarquées. Il prouve notamment que les métaux, en particulier le plomb, émettent quelque chose, nous dirions aujourd'hui quelque émanation, capable de modifier progressivement les forces électromotrices de contact et même d'impressionner, dans l'obscurité, une plaque photographique. Notons que ce travail devançait de 15 ans la découverte de la radioactivité.

» J'insisterai plus particulièrement sur les travaux qui intéressent les électriciens. En 1887, Pellat faisait construire un ampèremètre étalon, fondé sur les actions électrodynamiques, et il faisait aussitôt de cet appareil les plus belles applications, mettant

en œuvre une méthode de mesure du rapport ν des unités électriques; déterminant, en commun avec M. Potier, l'équivalent électrochimique de l'argent. Membre du jury de l'Exposition d'Électricité de 1881, de l'Exposition universelle de 1900, vice-président en 1896 de la Société des Électriciens, qu'il devait présider en 1909, il n'a jamais cessé de s'intéresser d'une manière efficace à toutes les questions scientifiques qui se rattachent aux unités. La Société des Électriciens vient d'instituer une Commission permanente des Unités électriques dont Pellat devait être l'une des lumières. Le zèle qu'il apportait dans ses fonctions de président, les expériences toutes récentes exécutées par lui au laboratoire de la Société sur la force électromotrice de l'élément Weston, nous étaient de sûrs garants des services qu'il était appelé à nous rendre dans l'avenir. Ajoutons que Pellat avait fourni la première mesure correcte de l'intensité des courants téléphoniques. Il était même l'auteur d'un système de protection électrique des trains en marche, qui a figuré dans l'une des expositions universelles.

» Ce n'était cependant pas vers les applications qu'était spécialement orienté l'esprit de M. Pellat. Bien au contraire. Le problème si complexe, si décevant des diélectriques ne pouvait pas ne pas l'attirer. Justement préoccupé des difficultés qui s'attachent à l'application des lois de Coulomb quand les corps agissants ne sont pas plongés dans un même diélectrique homogène, il se vit entraîné à chercher un mode d'exposition rigoureux des phénomènes électrostatiques où il n'était fait aucun usage direct de la loi de Coulomb. C'est une partie de son œuvre à laquelle il tenait beaucoup et qui demeurera, en tout cas, comme un modèle de virtuosité en matière d'enseignement.

» Les travaux les plus récents de M. Pellat se rapportent aux décharges électriques dans les tubes de Geissler et de Crookes. C'est une matière encore neuve, sur laquelle la concurrence scientifique s'exerce presque âprement et qui, malgré le nombre des chercheurs attachés à son étude, ne paraît pas de longtemps devoir être épuisée. Ces travaux avaient conduit M. Pellat à la détermination directe de la charge d'un ion électrolytique monovalent et conséquemment à une détermination du diamètre des atomes. Il a ainsi obtenu, par une voie nouvelle, des résultats du même ordre de

grandeur que ceux qui ont été antérieurement déterminés par des méthodes tout à fait différentes.

» On voit quelle variété de ressources M. Pellat a su mettre en œuvre dans l'étude des questions d'électricité auxquelles il s'est attaché. Il s'intéressait aussi tout particulièrement à la Thermodynamique ; il y a apporté de nombreuses contributions. On lui doit notamment un beau théorème relatif à la température des sources capables de provoquer des réactions endothermiques.

» Pour être complet il faudrait encore signaler une multitude de Notes éparses, sur les sujets les plus variés. Son esprit primesautier, sollicité à la fois des côtés les plus divers, s'appliquait à tout. Son ingéniosité expérimentale n'était jamais en défaut. Il avait peuplé son laboratoire d'appareils de son invention. Son cours fourmillait d'expériences originales, auxquelles il savait donner une forme saisissante.

» Une dizaine de Volumes, consacrés à l'Électricité, à la Thermodynamique, à l'Optique cristalline, à l'ensemble même de la Physique, gardent la trace de ses leçons à la Sorbonne ou au lycée Louis-le-Grand où il s'était signalé de bonne heure par l'éclat de son enseignement. Il faut encore rappeler ses lumineux Rapports comme membre des jurys des expositions. On se fera ainsi une idée sommaire de cette œuvre qui semble comporter l'effort de plus d'une vie humaine.

» Les honneurs ne lui ont certes pas manqué. Peut-être cependant n'avaient-ils pas encore atteint à la hauteur de son mérite. Si son œuvre eût été plus étroite, partant plus condensée, plus facile à embrasser d'un coup d'œil, elle aurait été plus universellement goûtée. Mais, s'il a connu quelques mécomptes, il s'en consolait aisément dans l'activité de la vie de laboratoire qu'il aimait par-dessus tout. Ce goût de l'expérimentation, il l'avait contracté dès son jeune âge, comme celui des courses au grand air, par lesquelles il aimait à se délasser de la tâche quotidienne. Il aimait passionnément la jeunesse, étant toujours resté jeune d'esprit et de corps. Les caravanes scolaires du Club alpin n'avaient pas de plus ardent promoteur.

» Ami fidèle et dévoué, passionné de vérité et de justice, il s'enflammait pour les nobles causes comme pour les beaux pro-

blèmes qui le hantaient. Il était toujours prêt à prodiguer son temps et sa peine, à abandonner même les opinions qu'il avait soutenues avec le plus de fougue, si l'on parvenait, par des raisons meilleures, à lui en faire deviner le côté faible.

» Tel fut cet honnête homme, bon, actif, dévoué, touchant par sa simplicité, d'une droiture à toute épreuve. Toujours préoccupé d'enseignement ou de science, il a vécu comme dans un beau rêve. La mort qui l'a surpris en pleine activité lui a évité la misère des déchéances physiques ou intellectuelles. Ne devons-nous pas l'estimer particulièrement heureux, par sa vie, comme par sa mort ? Marié de très bonne heure, il a longtemps goûté toutes les joies de la famille. Les deuils les plus cruels lui ont été épargnés. Tout récemment encore il fêtait, avec quelle allégresse, la naissance d'un quatrième petit-fils.

» Pellat avait hérité d'un nom justement célèbre dans la science juridique. Il le transmet à sa veuve et à ses enfants brillant d'une nouvelle auréole. Puissent les regrets dont nous nous faisons ici les interprètes au nom de tous ceux qui s'intéressent à la Physique, en France et à l'étranger, collègues, amis, élèves, de tous ceux enfin qui ont eu l'honneur d'approcher M. Pellat, d'entendre sa parole si vibrante, de profiter de ses conseils ou de ses leçons, de jouir de son amitié, puisse ce témoignage de sympathie universelle et de douleur aller droit au cœur de cette famille si cruellement éprouvée et lui apporter un peu de réconfort ! Qu'elle le sache bien ! Tous les cœurs battent ici à l'unisson, dans un même sentiment d'admiration pour cette vie si noble et si bien employée, de douleur et de deuil devant une fin si prématurée ! »



COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 5 janvier 1910 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. A. LARNAUDE, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8^h40^m du soir.

Le procès-verbal de la dernière réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque de la Société (*voir* p. 64) et des demandes d'admission suivantes :

MM.

Barthel (Roger-Albert), Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 60, rue d'Assas, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Digeon (Charles-Marcel), 60, rue Monge. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Dupuis (Jean-Ferdinand), Officier mécanicien de la Marine, Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 90, rue Cambronne, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Escarras (Georges), Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 24, rue Falguière, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Fieschi (Émile), Chef de Laboratoire à la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston* (usine de Neuilly-sur-Marne), 1, rue Nicolas-Charlet, à Paris et 3, rue de la Paix, au Perreux (Seine). — Présenté par MM. Guilbert et Dobkévitch.

Genty (Émile-Louis-Constant), Agrégé de l'Université, Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 57, rue de Rivoli, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Hedde (André-Marie-Daniel), Ingénieur des Arts et Manufactures, 70, rue Madame, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Laloy (Jean-Yves), Enseigne de Vaisseau, Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 65, avenue de Breteuil, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Landry (Jacques-Marie-Pierre), Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 3, rue Le Verrier, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Léauté (André), Ingénieur de la *Société industrielle des Téléphones*, 20, boulevard de Courcelles, à Paris. — Présenté par MM. H. Léauté et Courtois.

Michel (Pierre-Léon), Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 28, rue Geoffroy-Lasnier, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Niéloud (Charles-Marie), Directeur de la succursale de la *Société anonyme des usines électriques Bergmann*, 13, allée des Capucines, à Marseille (Bouches-du-Rhône). — Présenté par MM. Tournaire et Eug. Fontaine.

Oboukhoff (Nicolas), Bureau des Avocats russes, rue Taitbout, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Pélissot (Louis), Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 11, rue de l'Aqueduc, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Pestarini (Joseph), Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 218, boulevard Raspail, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Radiguer (Charles-Félix-Adolphe), Ingénieur de 1^{re} classe du Génie maritime, Attaché à la Section technique des Constructions navales, 51, avenue Bosquet, à Paris. — Présenté par MM. Brunswick et Maugas.

Renard (Charles-Eugène-Constant), Télégraphiste au 24^e bataillon du Génie, 10, villa Chaptal, à Levallois-Perret (Seine). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Saint-Blancard de Saint-Victor (Adalbert-Marie-Timoléon-Joseph de), Enseigne de Vaisseau de réserve, Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 90, rue de Cambonne, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Sikorski (Mieczyslaw), Diplômé de l'École Réale à Varsovie, Ingénieur technicien de l'*École de Havelberg et de Rowland*, à Varsovie, Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 48, boulevard Garibaldi, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Skrivano (Marcel-Paul de), Élève à l'*École d'Électricité industrielle*, 15, avenue Félix-Faure, à Paris. — Présenté par MM. Guilbert et Parodi.

Sternberg (Antony-Lucien), Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 72, rue Joffroy, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Van-Deth (Henry), Chef de Bureau des études à la *Société industrielle des Téléphones*, 7, quai de Javel, à Paris. — Présenté par MM. Courtois et Meyer-May.

Ces candidats sont élus membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de MM. *Dunion, de Loménie et Pellat*, et ajoute :

« Ce n'est pas sans une profonde émotion que je me vois appelé à présider la réunion d'aujourd'hui.

» Depuis notre dernière séance, nous avons eu la douleur de perdre notre Président, M. Pellat, et sa disparition a été si soudaine, que nous avons de la peine à croire à la réalité d'un deuil auquel nous étions si peu préparés.

» L'activité de M. Pellat, son dévouement à notre Société sont présents à la mémoire de tous, et nous étions heureux de profiter de ses conseils aux réunions qu'il suivait d'une façon assidue.

» Votre Bureau et un grand nombre de nos collègues ont tenu à se joindre au nombreux cortège qui l'a accompagné à sa dernière demeure, et notre ancien Président, son ami, M. Bouty, a bien voulu être l'interprète de la Société pour prendre la parole à ses obsèques. Dans un discours vibrant d'émotion il a rappelé la vie et l'œuvre de M. Pellat.

» Ce discours sera inséré en entier dans le prochain *Bulletin*; il nous dira mieux que je ne pourrais le faire combien notre président était aimé et estimé.

» Je crois être votre interprète en rappelant ici combien nous sommes reconnaissants à M. Pellat du dévouement qu'il a apporté à notre Société et en exprimant de nouveau à sa famille notre douloureuse sympathie.

» Un autre deuil vient de frapper la famille des électriciens. M. de Loménie, administrateur de la Compagnie Thomson-Houston, est décédé après une courte maladie.

» M. de Loménie, très absorbé par les importantes fonctions dont il avait la charge, ne pouvait aussi souvent que nous l'aurions désiré assister à nos réunions. Pendant ces dernières années, il s'était particulièrement adonné aux questions administratives et juridiques; sa compétence en ces matières était aussi connue que sa bienveillance.

» J'adresse, au nom de la Société internationale des Électriciens, un souvenir ému à notre regretté collègue. »

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

**SUR LES NOUVEAUX PROCÉDÉS DE TRANSMISSION
EMPLOYÉS EN TÉLÉGRAPHIE SANS FIL.**

M. FERRIÉ. — « Parmi les nombreux défauts qu'on reprochait à la télégraphie sans fil, à son début, figurait en tête celui de ne présenter aucune sécurité pour les communications qui lui étaient confiées ; la réception des radiotélégrammes pouvait être brouillée, non seulement par des signaux transmis simultanément par d'autres postes, mais encore par tous les phénomènes électriques de l'atmosphère. Bien que les multiples études faites pour remédier à cet état de choses n'aient pas encore permis d'obtenir une sécurité absolue pour les télégrammes hertziens, d'importants perfectionnements ont pu être réalisés et la situation a été notablement améliorée.

» Nous nous proposons d'indiquer, aussi brièvement que possible, les divers procédés qui ont été expérimentés, en insistant spécialement sur ceux qui ont donné les meilleurs résultats pour la transmission.

» Le maximum de sécurité serait obtenu si l'on pouvait réaliser, d'une part, une transmission d'ondes de période très pure, très régulière, et ayant un amortissement aussi faible que possible, et, d'autre part, des circuits de réception et des détecteurs présentant très peu d'amortissement, et dont la mise en vibrations ne pourrait être faite que sous l'influence d'un seul mouvement vibratoire bien déterminé.

» En ce qui concerne la transmission, le résultat cherché sera atteint quand il sera possible d'engendrer des *ondes entretenues* de puissance suffisante. Depuis 1903, sur l'initiative de M. Poulsen, de très nombreuses tentatives ont été faites pour utiliser les propriétés de l'*arc chantant* à basse tension (1) en vue de la production

(1) M. Blondel a préconisé de son côté l'arc chantant à haute tension depuis 1902 et l'a mis dans le pétrole en 1906-1907.

de ces ondes, mais il ne semble pas que les résultats obtenus jusqu'à ce jour soient suffisants pour la pratique courante. Il en est de même des recherches poursuivies dans le but de réaliser une machine produisant directement des courants de fréquence suffisamment élevée pour actionner directement une antenne, sans passer par l'intermédiaire d'une étincelle ou d'un arc. On peut espérer cependant que les études poursuivies en France, dans cette voie, donneront bientôt des résultats concluants qui feront alors l'objet d'une Communication spéciale.

» Nous nous bornerons donc à parler des seuls procédés actuellement appliqués, et qui tous nécessitent l'emploi d'une étincelle de décharge isolée de condensateur pour engendrer les ondes hertziennes.

» Rappelons que, pour transmettre des signaux hertziens, on constitue un circuit excitateur au moyen d'un condensateur K, de quelques spires P et d'un éclateur E, et on le dispose de manière à agir sur le circuit de l'antenne soit par induction (Tesla, *fig. 1*),

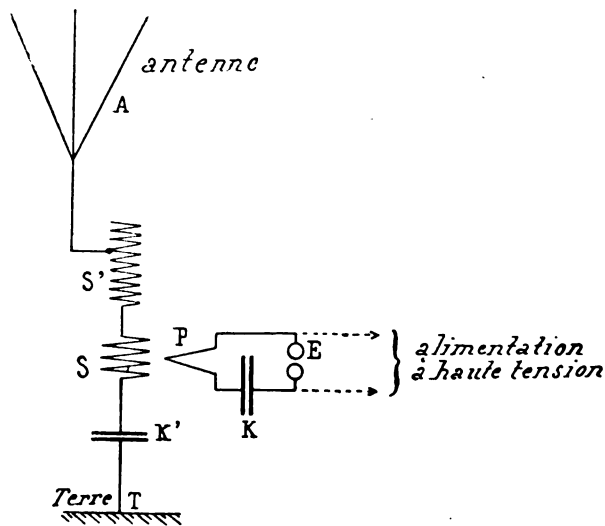


Fig. 1.

soit par dérivation (Oudin, *fig. 2*). La mise en résonance des deux circuits est faite en choisissant convenablement leurs éléments, en intercalant, s'il y a lieu, dans l'antenne une self S' ou un condensateur K', pour allonger ou raccourcir sa période propre. L'antenne rayonne alors des ondes, et il s'agit de donner à celles-ci une

période aussi pure et un amortissement aussi faible que possible.

» On démontre aisément (Wien), dans le cas du montage de la figure 2, qui est le plus généralement employé, que, si les deux circuits ont été préalablement réglés de manière à avoir la même longueur d'onde λ_0 , la mise en vibrations du circuit excitateur par

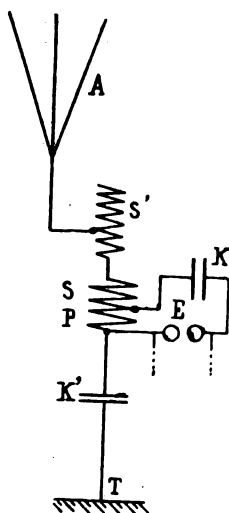


Fig. 2.

des étincelles jaillissant en E donne naissance, simultanément dans l'ensemble des deux circuits, à deux mouvements vibratoires différents, dont les longueurs d'onde λ_1 , λ_2 sont données par les formules

$$\lambda_1 = \lambda_0 \sqrt{1 + y}, \quad \lambda_2 = \lambda_0 \sqrt{1 - y},$$

$$y^2 = \frac{M^2}{LL'};$$

M est l'induction mutuelle des deux circuits, L et L' leurs self-inductions respectives. Si l'on suppose que toute la self du circuit exciteur est concentrée dans l'enroulement P et égale à L , on peut écrire

$$y^2 = \frac{L}{L'}.$$

» On démontre également sans difficultés que, si α_1 et α_2 sont les amortissements des deux circuits et α leur moyenne $\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$, les deux ondes d'accouplement ont des amortissements n_1 , n_2 donnés par les

formules

$$n_1 = \frac{\alpha}{1 + \gamma}, \quad n_2 = \frac{\alpha}{1 - \gamma}.$$

» Pour tenir compte de la self des connexions du circuit exciteur, il suffit de remplacer la formule

$$\left. \begin{matrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{matrix} \right\} = \lambda_0 \sqrt{1 \pm \gamma}$$

par

$$\left. \begin{matrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{matrix} \right\} = \lambda_0 \sqrt{1 \pm \rho}$$

avec

$$\rho = 1 - \frac{\lambda_0'^2}{\lambda_0^2},$$

λ_0' étant la longueur d'onde unique du système obtenu quand on court-circuite la capacité primaire C . La mesure de cette longueur s'opère très facilement (1).

» On voit que, dans tous les cas, la transmission des signaux se fait en partageant l'énergie disponible entre deux mouvements vibratoires dont les longueurs d'onde diffèrent d'autant plus que l'accouplement est plus fort. Il y a donc intérêt, à tous les points de vue, à chercher à réduire cette différence, c'est-à-dire l'accouplement, en lui conservant cependant une valeur suffisante pour qu'il y ait passage de l'énergie d'un circuit dans l'autre.

» Nous avons trouvé que, pour un accouplement compris à peu près entre 0,06 et 0,12, l'énergie est pratiquement concentrée dans un seul des deux mouvements vibratoires, le plus lent ou le plus rapide suivant les valeurs relatives des divers éléments des circuits.

» Pour mesurer les accouplements et les amortissements, on a recours, en général, aux ondamètres et aux équations de Bjerkness.

» Il existe un grand nombre de modèles d'ondamètres. Nous avons imaginé récemment un type nouveau qui permet de faire les mesures sans aucune manœuvre de réglage, par simple lecture. Son principe est le suivant (fig. 3) :

(1) BETHENOD, *Lumière électrique*, 30 janvier 1909.

» Entre deux points A et B on maintient une certaine f. e. m. efficace U , grâce à une spire S qui recueille une partie du flux oscillant à mesurer. Entre A et B sont connectés deux circuits fC , $f'D$, contenant chacun un fil (f et f') d'ampèremètre thermique,

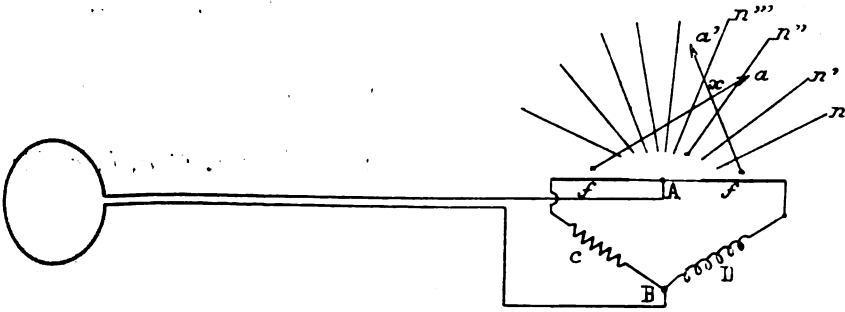


Fig. 3.

et une impédance (C et D). Chacun des fils f, f' commande une aiguille a et a' ; ces aiguilles se déplacent toutes deux devant un même cadran.

» Les intensités qui traversent chacun des fils sont données, avec une approximation qui paraît encore suffisante pour le cas de trains d'ondes amorties, par les formules

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}, \quad I' = \frac{U}{\sqrt{R'^2 + \omega'^2 L'^2}}, \quad \text{d'où} \quad \frac{I}{I'} = f(\omega).$$

» Pour chaque valeur de ω , le point de croisement des aiguilles se fera sur une certaine courbe qu'on peut tracer empiriquement sur le cadran. L'appareil ayant été gradué à l'avance, la mesure de la longueur d'onde d'un circuit oscillant se fera par simple lecture, en approchant de lui la self S ⁽¹⁾.

» Pour mesurer les amortissements on a recours, en général, à la méthode de Bjerkness, dont nous rappellerons sommairement le principe.

» Considérons un circuit dans lequel on produit des oscillations de pulsation ω , dont l'amortissement est α , approchons un autre circuit dont les éléments sont R, L, C et contenant un ampèremètre

(¹) Le même principe peut être appliqué à un grand nombre de mesures : basse fréquence, résistance, etc.

thermique. En faisant varier C et en lisant chaque fois l'intensité correspondante I , on peut construire une courbe dont les ordonnées sont $\sqrt{C}$ et les abscisses I^2 (*fig. 4*) et désignée par Bjerkness sous le nom de *courbe de résonance*.

» On démontre que les décrets des deux circuits, γ_1, γ_2 , sont liés par la relation

$$\gamma_1 + \gamma_2 = \frac{2\pi}{A} \sqrt{\frac{abc}{d}},$$

X étant l'abscisse correspondant au maximum, et a, b, c, d les

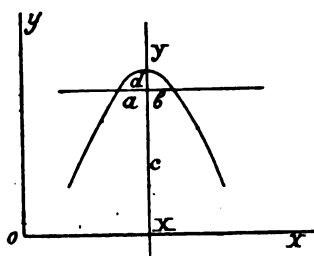


Fig. 4.

segments coupés sur l'ordonnée maximum et sur une horizontale voisine du sommet.

» D'autre part, on démontre également que

$$Y \gamma_1 \gamma_2 (\gamma_1 + \gamma_2) = \text{const.},$$

Y étant l'ordonnée maximum.

» On donne alors deux valeurs différentes à la résistance du circuit auxiliaire, on construit les deux courbes correspondantes et on déduit les décrets $\gamma_1, \gamma_2, \gamma'_1, \gamma'_2$ des trois équations

$$(B) \quad \begin{cases} \gamma_1 + \gamma_2 = \frac{2\pi}{X} \sqrt{\frac{abc}{d}}, & \gamma_1 + \gamma'_2 = \frac{2\pi}{X'} \sqrt{\frac{a'b'c'}{d'}}, \\ Y \gamma_1 \gamma_2 (\gamma_1 + \gamma_2) = Y' \gamma'_1 \gamma'_2 (\gamma'_1 + \gamma'_2) = \text{const.} \end{cases}$$

» Nous avons essayé d'appliquer cette méthode sans construire les courbes, en nous basant seulement sur l'équation (A) d'où est dérivée l'équation (B)

$$(A) \quad Y \alpha_1 \alpha_2 (\alpha_1 + \alpha_2) = \frac{E^2}{16L^2} \quad \left(\alpha_2 = \frac{R}{2L} \right)$$

ou

$$Y \alpha_1 R (2 \alpha_1 L + R) = \frac{E^2}{4}.$$

» Une première mesure, en donnant à R une certaine valeur, permettait de déterminer $Y(I^2)$ correspondant à la résonance. En donnant à R une autre valeur, on mesurait de même Y ,

$$Y' \alpha_1 R' (2 \alpha_1 L + R') = \frac{E^2}{4},$$

Étant constant, la position des circuits étant invariable, et tous les autres éléments étant connus, il est possible de calculer $\alpha_1 L$ au moyen de ces deux équations.

» Malgré toutes les précautions prises pour effectuer ces mesures, en tenant du *skin-effect*, et en écartant autant que possible toutes les causes perturbatrices, il nous est arrivé fréquemment de trouver des chiffres inacceptables : les valeurs calculées étaient même parfois négatives.

• Il semble donc qu'on n'ait pas le droit, dans certains cas, d'appliquer l'équation (A) de Bjerkness de cette manière.

» Les mêmes anomalies ont été observées en faisant le calcul au moyen du maximum et d'un point voisin sur la courbe de résonance,

$$y = Y \frac{(\alpha_1 + \alpha_2)^2}{(\alpha_1 + \alpha_2)^2 + (m' + m'')^2},$$

ou bien encore par la méthode analogue indiquée par M. Bethe-nod⁽¹⁾.

» En dehors de causes accidentelles d'erreur qui ont pu nous échapper, ces résultats paraissent pouvoir être expliqués par le fait que les équations de Bjerkness ont été établies en supposant que la décharge du condensateur dans le circuit étudié était complète : il est probable qu'il n'en est pas ainsi, dans certains cas tout au moins.

» Il est donc très difficile de mesurer avec précision l'amortissement des circuits contenant des étincelles. Il n'est guère plus facile de calculer l'amortissement des antennes en raison de la résistance apparente de rayonnement et de la très grande difficulté que présente la mesure des faibles résistances de terre. Aussi se borne-

(1) *Lumière électrique*, novembre 1909.

t-on d'ordinaire dans la pratique à réduire, par tous les moyens, la résistance ohmique des circuits, sans chercher à calculer l'amortissement résultant.

» Dans les modèles d'appareils établis par la Télégraphie militaire, et qui sont employés notamment par la Guerre et la Marine, le montage est celui de la figure 2. La longueur et la résistance des connexions du circuit excitateur ont été réduites autant que possible, celles-ci étant constituées par des lames métalliques larges et minces, conformément aux usages. D'après les travaux de M. Boucherot (¹), la résistance de pareils conducteurs pour les courants de haute fréquence est celle d'une coque métallique de même contour extérieur et d'épaisseur ϵ ,

$$\epsilon = \frac{1}{\sqrt{2\pi\mu c\omega}},$$

μ étant la perméabilité, c la conductivité, ω la pulsation du courant.

» M. Bethenod (²) a établi une autre formule permettant de calculer la résistance en haute fréquence r_a en fonction de la résistance r_c en courant continu,

$$r_a = r_c bh \frac{\sin h 2bh + \sin 2bh}{\cosh 2bh - \cos 2bh}$$

avec

$$b = 2\pi\sqrt{c\mu f};$$

f est la fréquence, $2h$ l'épaisseur de la lame.

» Cette formule montre également qu'il y a intérêt à diminuer $2h$.

» Enfin, nous avons donné aux pôles de l'éclateur une masse considérable et une forme convenable pour éviter un échauffement exagéré à la suite d'un long fonctionnement.

» Ce mode de constitution des circuits excitateurs nous a aussi permis de donner une grande valeur à la capacité, toutes choses égales d'ailleurs, et par suite d'augmenter la puissance mise en jeu, avec de faibles accouplements et des amortissements réduits.

(¹) *Bulletin de la Société des Électriciens*, novembre 1908.

(²) *Jahrbuch der drahtlose telegraphie*, 1909.

» D'autre part, l'amortissement d'une antenne se compose de deux parties : l'amortissement dû à la résistance ohmique de l'antenne et de la prise de terre, et l'amortissement dû au rayonnement. Ce dernier représente le travail utile ; il y a donc intérêt à l'augmenter autant que possible, tandis qu'il convient de réduire l'autre au minimum. Ce double desiderata est satisfait en employant des antennes composées d'un grand nombre de fils, largement étalés dans l'espace. M. Poincaré ⁽¹⁾ a établi que l'amortissement de rayonnement d'une antenne à n fils était proportionnel à

$$\frac{n^2}{\frac{nL}{2} + \Sigma M},$$

L étant la self d'un fil et M l'induction mutuelle de deux fils.

» On voit donc que l'amortissement augmente avec le nombre de fils n , et aussi quand M diminue, c'est-à-dire quand l'écartement des fils augmente.

» Le volume que peut occuper une antenne dans l'espace étant pratiquement limité, on a donc intérêt à employer un nombre de fils assez grand, mais cependant limité.

» Après cet examen sommaire des diverses causes qui influent sur l'amortissement des ondes produites par une étincelle de décharge d'un condensateur et rayonnées par une antenne, il nous reste, avant d'étudier l'influence des circuits récepteurs et le rôle de l'espace dans lequel se fait la propagation des ondes entre deux postes correspondants, à parler des procédés d'alimentation des condensateurs dont la décharge donne naissance aux oscillations.

» L'expérience a montré que le mode d'alimentation avait une importance considérable non seulement pour la *qualité* des étincelles de décharge, mais aussi pour la facilité de réception des signaux transmis avec elles. La réception est en effet opérée, depuis plusieurs années, uniquement avec des détecteurs, comportant l'emploi du téléphone, et le son perçu dans ce dernier reproduit à

⁽¹⁾ Conférence faite en 1908 à l'École supérieure des Télégraphes.

peu près exactement le bruit des étincelles. Le nombre de celles-ci, et la nature du bruit qu'elles produisent, ont donc une réelle importance.

» L'alimentation de condensateurs peut être faite soit avec du courant continu interrompu, soit avec du courant alternatif.

» L'emploi de courant continu interrompu, avec bobine Ruhmkorff, demeure limité aux cas des faibles puissances, en raison des difficultés de construction d'interrupteurs pour grandes puissances. Les meilleurs résultats ont été obtenus, en France, avec les interrupteurs à turbine de la Compagnie générale radiotélégraphique, qui comportent la rupture du contact d'un jet de mercure avec une plaque de cuivre amalgamé, dans le gaz d'éclairage. MM. Marie et Gunter sont parvenus à réaliser de véritables résonances du courant interrompu en choisissant convenablement la fréquence des interruptions d'après la capacité à charger. Ce résultat avait déjà été prévu par M. Seibt dans sa remarquable étude sur les résonances et obtenu autrement par Grisson.

» Nous avons expérimenté ce procédé en étudiant les courbes de courant avec un oscillographe Blondel. Ces études ont montré que le condensateur, placé d'ordinaire aux bornes de l'interrupteur, était inutile et même parfois nuisible, pour certaines valeurs de la fréquence d'interruptions et du condensateur à charger. De plus,

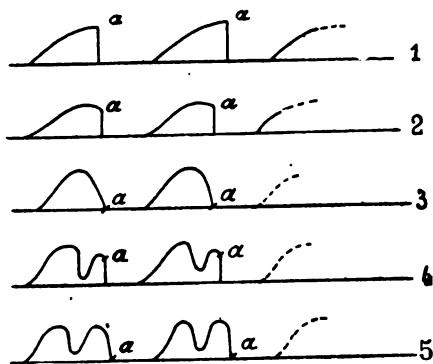


Fig. 5.

l'examen des courbes montre nettement que c'est la fermeture qui joue un rôle utile et non la rupture.

» La figure 5 représente les croquis des courbes primaires dans différents cas, les courbes 3 et 5 sont celles qui correspondent

aux meilleurs réglages ; la rupture α se fait au moment où le courant redevient nul.

» Les courbes du courant secondaire se déduisent aisément des précédentes. La figure 5 *bis* représente la courbe secondaire corres-

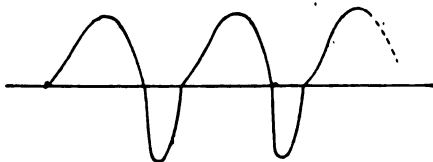


Fig. 5 *bis*.

pondant à la courbe primaire 3. Les fractions de courbe situées au-dessous de la ligne des 0 correspondent au courant de décharge du condensateur dans le secondaire. Le jaillissement d'étincelles a pour effet de déformer un peu cette courbe.

» Nous ne parlerons pas de l'emploi direct du courant continu à basse ou haute tension, qui permet d'obtenir, dans certaines conditions, des ondes entretenues.

» La très grande majorité des installations actuelles comporte l'emploi de courant alternatif, qui alimente le condensateur par l'intermédiaire d'un transformateur et de bobines de self de réglage. Pour obtenir un bon rendement, il est nécessaire de calculer le rapport de transformation et la valeur des selfs de réglage, d'après la capacité à changer.

» Des études très complètes des conditions auxquelles doivent satisfaire les divers appareils, pour réaliser cette résonance primaire, pour les divers types de transformateur (avec ou sans fuites), ont été faites par M. Seibt, par M. Blondel ⁽¹⁾ et par M. Bethenod ⁽²⁾.

» Avec des transformateurs sans fuites, la condition de résonance est

$$\alpha^2 CL\omega^2 = 1,$$

α , rapport de transformation du transformateur ;

C , capacité mise aux bornes du secondaire ;

⁽¹⁾ BLONDEL, *Éclairage électrique*, 30 juillet 1904 ; *E. T. Z.*, 7 avril 1904 ; *E. E.*, t. LII, n° 20-23, 1907, et *Bulletin de la Société de Physique*, 1907.

⁽²⁾ BETHENOD, *Éclairage électrique*, t. LIII, 1907.

L , self totale (alternateur et self de réglage dans le circuit primaire);

ω , pulsation.

Avec des transformateurs très largement calculés, comme fer et comme cuivre, on obtient aisément des surtensions de 6 et même de 10, la tension aux bornes du condensateur étant

$$\frac{U}{\omega a^2 CR},$$

U étant la tension aux bornes de l'alternateur et R la résistance apparente totale.

» On limite à volonté la tension de charge des condensateurs en réglant convenablement la distance des pôles de l'éclateur et en agissant aussi, le cas échéant, sur des résistances ohmiques intercalées dans le circuit, ou sur l'excitation de l'alternateur.

» Le régime de résonance n'étant établi qu'après un certain nombre d'alternances du courant, le nombre d'étincelles n'est pas égal à celui des alternances. On règle ce nombre à volonté, dans certaines limites, en agissant sur les divers éléments du circuit. Avec du courant alternatif à basse fréquence (40 à 50), on produit en général de 10 à 20 étincelles par seconde.

» L'énergie disponible étant ainsi répartie en un petit nombre d'étincelles, chacune de celles-ci a une puissance considérable. De plus, ces étincelles étant dues à une surtension, on évite dans une large mesure la formation d'arc qui rendrait l'étincelle moins efficace. Pour diminuer encore les chances de formation d'arc, nous avons reconnu avantageux de constituer les pôles de l'éclateur par deux cylindres parallèles de grandes dimensions, de manière à éviter un échauffement rapide et à changer le point de jaillissement des étincelles successives. Pour les très grandes puissances, il y a encore intérêt à faire tourner les cylindres autour de leurs axes.

» (Les études pratiques pour la réalisation des divers appareils satisfaisant aux conditions qui viennent d'être énumérées ont été faites de 1905 à 1906 à la Tour Eiffel.)

» La transmission étant ainsi faite, le son perçu dans le téléphone n'a rien de bien caractéristique et se distingue parfois difficilement du son produit par l'action des perturbations électriques naturelles.

D'autre part, il y a intérêt à donner à la membrane d'un téléphone un nombre d'impulsions s'accordant avec la période propre de cette membrane. Les expériences de Lord Raleigh en 1894 et de M. Wien en 1906 ont montré que le maximum de sensibilité de divers téléphones était obtenu avec un nombre d'impulsions compris entre 500 et 1000. De plus, l'oreille présente elle-même un maximum de sensibilité pour des sons ayant une période du même ordre de grandeur. On a donc cherché à améliorer le rendement d'ensemble d'une installation radiotélégraphique en augmentant beaucoup le nombre des étincelles, en sacrifiant même les avantages de la résonance des circuits d'alimentation du condensateur exciteur.

» Dans certaines stations, on s'est borné à détruire cette résonance, à diminuer beaucoup la distance des pôles de l'éclateur et à souffler sur l'étincelle pour éviter la formation d'arc. Le nombre d'étincelles à la seconde a pu ainsi être considérablement augmenté. Le son perçu dans les téléphones récepteurs est peu musical, mais néanmoins assez *continu* pour pouvoir être facilement distingué, au milieu des perturbations, sans que la portée soit trop réduite.

» Toutefois, l'installation d'une soufflerie sur l'éclateur est parfois assez compliquée à réaliser et il y a souvent avantage à faire usage d'éclateurs tournants.

» Nous avons fait, avec la précieuse collaboration des capitaines Fracque et Brenot, un assez grand nombre d'expériences sur ce genre d'éclateurs, le courant d'alimentation du circuit exciteur étant en courant alternatif à basse fréquence (40 à 50), et nous avons obtenu les résultats suivants :

» Pour de faibles puissances (de 1 à 2 kilowatts), il suffit d'une roue métallique R munie de dents *d* et tournant entre deux pôles *c* reliés au circuit exciteur et au transformateur (*fig. 6*). La roue est montée sur l'axe d'un petit moteur électrique de ventilateur. Deux étincelles jaillissent simultanément au passage de deux dents opposées quelconques en face des pôles fixes. Grâce à la ventilation produite par la rotation de la roue et à la faible puissance mise en jeu, l'échauffement des pôles fixes n'est pas trop considérable.

» Si la puissance est plus grande (de 2 à 4 kilowatts environ), l'échauffement des pôles fixes devient trop considérable et il se forme souvent de l'arc. Il y a alors intérêt à chercher à déplacer

régulièrement, sur une assez grande longueur, le point de jaillisse-

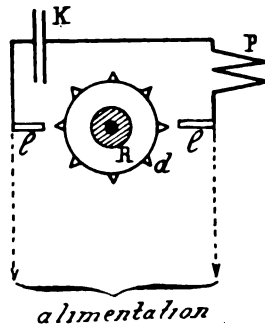


Fig. 6.

ment des étincelles sur les pôles fixes. Le modèle d'éclateur ci-après donne des résultats satisfaisants (*fig. 7*).

» Sur une des faces d'un disque métallique *R*, dont le centre est remplacé par une plaque d'ébonite *B*, sont placées des dents métal-

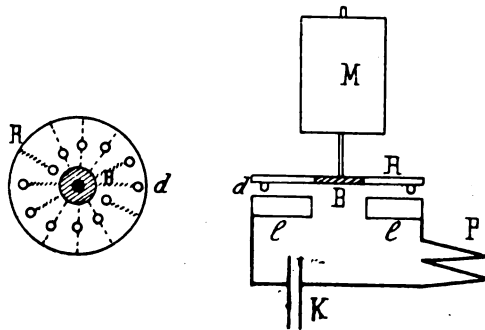


Fig. 7.

liques *d*, symétriquement deux à deux par rapport au centre, et dont les distances à ce point vont en croissant régulièrement. En face d'un même diamètre, sont disposées deux plaques métalliques, dans le prolongement l'une de l'autre. Deux étincelles jaillissent simultanément au passage de deux dents quelconques, situées sur un même diamètre, en face des lames fixes, mais le point de jaillissement se déplace régulièrement et périodiquement le long des arêtes des lames *l*, répartissant ainsi l'échauffement sur toute leur longueur. En donnant aux lames une masse assez grande, l'élévation de température des pôles fixes n'est pas considérable.

» Nous avons également obtenu des résultats satisfaisants dans

le cas de puissances de l'ordre de 6 à 10 kilowatts, en disposant l'éclateur de la manière suivante (*fig. 8*) :

» Sur un cylindre de cuivre C, de 25 cm de longueur, sont

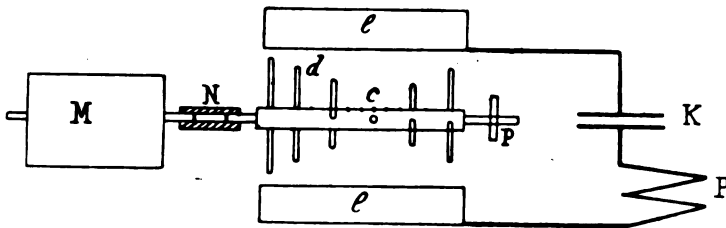


Fig. 8.

disposées des tiges de cuivre d , traversant le cylindre en passant par son axe et perpendiculaires à celui-ci, leur longueur totale étant de 25 cm environ. Ces tiges sont équidistantes et décalées, l'une par rapport à l'autre, d'un angle constant et égal à $\frac{360}{n}$, n étant le nombre de tiges (15 à 20).

» Le cylindre C est relié par un joint en caoutchouc élastique à l'axe d'un petit moteur M, et est supporté par un palier p . Parallèlement à son axe, et dans un même plan diamétral, sont disposées deux lames métalliques L , le long desquelles se déplacent les étincelles pendant la rotation du cylindre.

» Dans tous ces modèles, la longueur des étincelles est réglée en déplaçant les pôles fixes. Tous ont donné des résultats analogues : son peu musical en général, mais bien soutenu, facile à suivre au milieu des perturbations. Les irrégularités du son sont dues aux vides qui se produisent dans la série des étincelles et qu'il est à peu près impossible d'éviter quand on fait usage de courant alternatif à 42 ou 50 ~.

» Il a été reconnu nécessaire de donner aux extrémités des dents une vitesse tangentielle d'au moins 50 m ; toutefois, il existe une vitesse optima bien déterminée pour les différentes valeurs des éléments électriques du circuit.

» Signalons, incidemment, que c'est un modèle d'étude du troisième type ci-dessus, qu'a employé M. le Dr Doyen avec des appareils de la maison Gaiffe, pour réaliser ses premiers essais d'un nouveau traitement du cancer par les courants de très haute fréquence et de grande intensité efficace.

» M. l'Ingénieur des Télégraphes Petit a installé à la station radiotélégraphique de Sainte-Marie un modèle d'éclateur analogue au précédent avec un courant d'alimentation à 25 $\sim$. Il a obtenu un son d'étincelle à peu près musical en garnissant les pôles fixes avec des lames de mica, de manière à empêcher le jaillissement prématuré d'étincelles.

» L'intensité efficace des oscillations engendrées par des éclateurs tournants est en général plus considérable qu'avec les éclateurs fixes à étincelles peu nombreuses, mais les intensités maxima sont évidemment beaucoup moins grandes. Les portées sont le plus souvent comparables dans les deux cas, toutes choses égales d'ailleurs, avec cependant un certain avantage pour les étincelles rares, abstraction faite de la commodité de lecture des étincelles très nombreuses quand la réception est brouillée par des perturbations diverses.

» Les étincelles très nombreuses, soufflées ou produites par des éclateurs tournants, étant évidemment beaucoup plus courtes que les étincelles rares données par les éclateurs fixes et les circuits à résonance, les condensateurs des circuits excitateurs peuvent être construits beaucoup plus économiquement et sous un volume plus faible que dans ce dernier cas. Néanmoins, il est encore difficile, faute d'une pratique suffisante, de se prononcer définitivement en faveur de l'un ou de l'autre des procédés.

» L'emploi d'éclateurs tournants n'a pas été limité au cas de courant alternatif. MM. Marconi et Fleming ont installé avec succès depuis plusieurs années un éclateur de ce genre, à trois disques tournants, avec du courant continu à 10000 volts, dans les stations transatlantiques de Cliffden et de Glace Bay.

» Au lieu de faire usage de courant alternatif à 40 ou 50 $\sim$ et de souffler les étincelles ou d'employer un éclateur tournant pour réaliser un grand nombre d'étincelles à la seconde, il était rationnel de songer à mettre en œuvre du courant alternatif à grande fréquence (de 300 à 1000 $\sim$) de manière à obtenir directement le nombre d'étincelles voulu et de chercher à leur donner automatiquement une régularité musicale. Les premiers essais de ce genre paraissent

avoir été faits par M. de Lepel qui employa (dès 1906) notamment un éclateur formé de deux disques parallèles très rapprochés, et du courant alternatif à grande fréquence.

» La Compagnie Telefunken créa, peu après, un matériel spécial analogue à ce dernier, mais dans lequel sont employés plusieurs éclateurs en série, chacun d'eux étant formé de deux disques parallèles en cuivre rouge. De plus, le montage est fait de la manière suivante (*fig. 9*) :

» Le circuit excitateur comprend l'éclateur E, le condensateur K

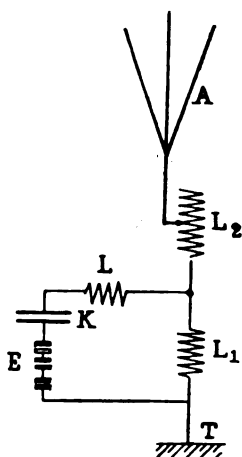


Fig. 9.

et deux selfs L et L_1 . Dans le circuit de l'antenne on intercale la self L_1 et une deuxième self réglable L_2 ⁽¹⁾. La raison donnée pour justifier cette complication est qu'il faut réaliser un accouplement déterminé entre les deux circuits pour obtenir un soufflage automatique des étincelles de l'éclateur, celles-ci étant très courtes ($\frac{1}{4}$ de millimètre environ). Le choix de ces étincelles courtes a été expliqué par le comte Arco ⁽²⁾ au moyen des considérations suivantes :

» Dans le cas du montage ordinaire, l'énergie des oscillations du circuit excitateur est transportée après quelques oscillations dans le circuit de l'antenne et, à un moment donné, devient nulle. A partir de ce moment, le retour de l'énergie tend à se produire du circuit

⁽¹⁾ Ces selfs réglables sont d'un type imaginé par le capitaine Peri.

⁽²⁾ *Elektrotechnische Zeitschrift*, mai 1909.

de l'antenne dans le circuit excitateur jusqu'à ce que ce dernier ait recueilli à son tour toute l'énergie qui reste. Cet échange se reproduit plusieurs fois. Le professeur Dieselhorst ⁽¹⁾ a enregistré photographiquement ce phénomène (*fig. 10*), et l'attribue à des

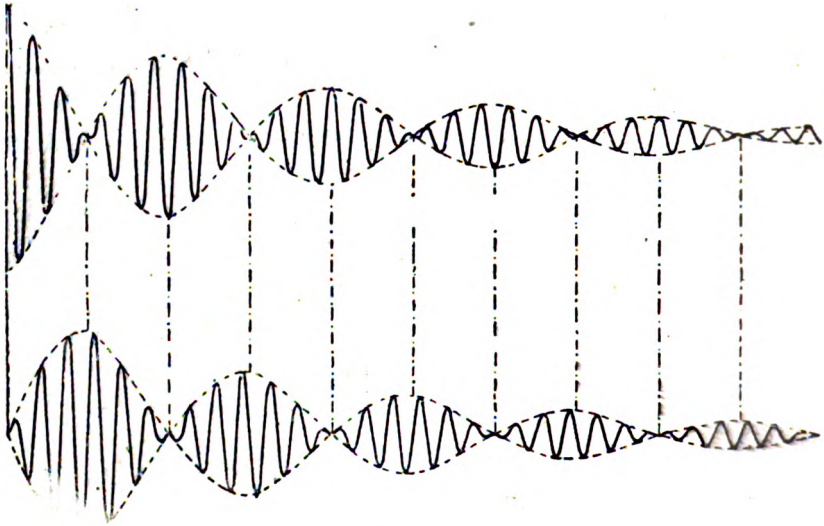


Fig. 10.

variations anormales de la résistance de l'étincelle par suite de la chaleur emmagasinée dans les électrodes. Cette résistance demeurerait toujours assez faible pour que l'échange d'énergie se produise plusieurs fois. En déterminant la courbe de résonance de l'ensemble des deux circuits, on obtient toujours, au lieu de l'onde fondamentale des deux circuits accordés, les deux ondes différentes de celles-ci et dites *ondes d'accouplement*, dont il a été parlé plus haut.

» Lorsque la distance explosive est très faible, on trouve trois ondes ou une seule, au lieu des deux précédentes. Dans le cas de trois, celles-ci sont l'onde fondamentale et les deux ondes d'accouplement; dans le cas d'une seule, c'est l'onde fondamentale de l'antenne. M. Wien attribue ce fait à l'augmentation très rapide de la résistance de l'étincelle qui devient rapidement infinie : tant que l'étincelle dure les circuits sont accouplés et l'on a les deux ondes d'accouplement; quand l'étincelle est coupée, l'antenne continue à

⁽¹⁾ *Traité de S. T. F.*, de Zenneck, Stuttgart, 1909.

vibrer isolément. On observe donc la présence simultanée de trois ondes. Si la durée de l'étincelle est très courte, l'antenne mise en vibration par l'*à-coup* de cette étincelle vibre seule et l'on observe une seule onde (*fig. 11*).

» C'est ce genre d'étincelles, appelé en Allemagne *étincelles souff-*

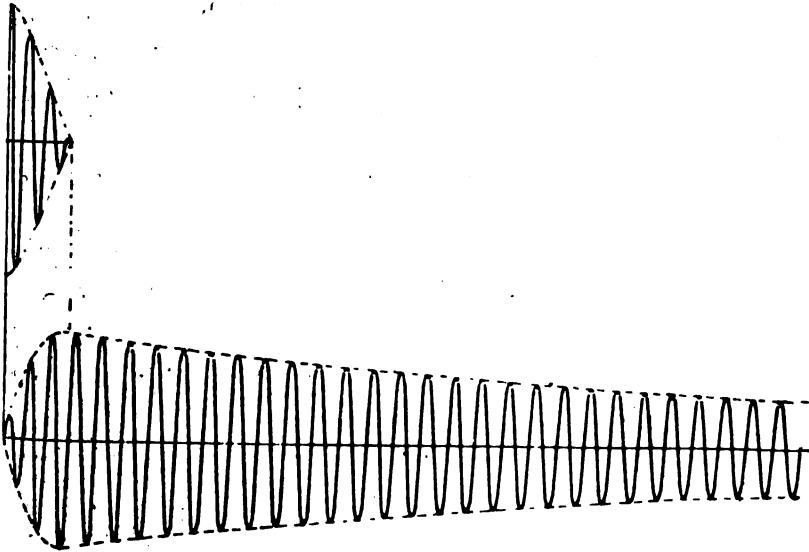


Fig. 11.

flées, que la Compagnie Telefunken s'est efforcée d'obtenir. Le comte Arco a annoncé que grâce à elles il a obtenu un rendement de l'ordre de 60 pour 100 pour l'énergie transformée en oscillations dans l'antenne, alors que les physiciens étaient à peu près tous d'accord pour admettre que ce rendement était de 5 à 10 pour 100. Il nous paraît d'autre part difficile d'admettre que l'échange d'énergie puisse toujours se faire dans la pratique suivant les schémas des figures 10 et 11.

» Le comte Arco (*loc. cit.*) admet aussi que l'amortissement de l'antenne est très faible et que, avec les étincelles soufflées, les ondes rayonnées sont très peu amorties. On admettait au contraire jusqu'à maintenant que l'amortissement de l'antenne était considérable (amortissement dû au rayonnement). M. Duddell et M. Tissot, en particulier, ont trouvé que la résistance apparente d'une antenne normale de bâtiment était de l'ordre de 50 ohms. Avant d'admettre définitivement les résultats donnés par le comte Arco, il serait très

utile de connaître exactement les conditions et les procédés suivant lesquels ont été faites les expériences et mesures, qui contredisent tous les résultats connus jusqu'à ce jour.

» Il est cependant hors de doute que l'emploi des *étincelles soufflées* a permis d'obtenir des sons musicaux très purs et que la portée des stations Telefunken à étincelles musicales est supérieure, toutes choses égales d'ailleurs, à celle relativement médiocre des anciennes stations de cette Compagnie (1). Il convient aussi d'attendre que ce nouveau procédé ait subi pendant un temps assez long la sanction de la pratique courante.

» Nous avons cherché à obtenir des étincelles musicales sans changer les montages qui donnent de très bons résultats avec les étincelles rares, et en remplaçant le courant alternatif d'alimentation à basse fréquence par du courant à grande fréquence (300 à 1000). Ces études ont été faites avec la précieuse collaboration des capitaines Fracque et Brenot et nous ont donné jusqu'à ce jour les résultats suivants :

» Il est impossible d'obtenir des étincelles bien musicales avec les éclateurs ordinaires (cylindres parallèles, sphères, plateaux parallèles) ; le son est grinçant, et l'on observe de nombreux vides dans les séries d'étincelles tout comme avec les éclateurs tournants alimentés par des courants à basse fréquence. Le son est au contraire très bon si l'éclateur est simplement formé d'une pointe et d'un plateau ; toutefois, la nature du métal et la forme de la pointe ont une grande importance. Les sons sont d'autant meilleurs que l'étincelle est plus longue : nos essais ont été faits jusqu'à 15 mm. Avec un pareil éclateur, il suffit d'observer, pour le calcul des divers appareils de circuits de transmission, les mêmes règles qu'avec les courants de basse fréquence, c'est-à-dire qu'il faut établir la résonance du courant d'alimentation. Les essais ont été faits avec des alternateurs à 1000 et 400 ~ (ce dernier est d'un modèle nouveau, spécialement calculé dans ce but par M. Bethenod). La résonance

(1) La portée des navires de guerre français munis d'un matériel à étincelles rares étudié à la Tour Eiffel, et dont les caractéristiques ont été données plus haut, atteint 400 milles pendant le jour et dépasse souvent 1000 milles pendant la nuit avec une dépense d'environ 3 kilowatts.

avait pour effet de raréfier un peu l'étincelle et d'éviter ainsi plus facilement la formation d'arcs. Avec l'alternateur à 400 ~ par exemple, on obtenait aisément le *sol*₃ (400 étincelles environ), puis, en diminuant convenablement l'excitation, l'*ut*₃, puis le *sol*₂.

» Ces essais n'ont été faits que pour des puissances assez réduites, et seront continués pour les grandes puissances. Il convient encore d'ailleurs d'attendre la sanction d'une expérience assez longue pour être fixé sur la valeur réelle de ce procédé qui présenterait l'avantage d'utiliser tous les perfectionnements étudiés pour l'emploi des étincelles rares, et d'ajouter à ceux-ci la commodité de réception que donne un son musical en cas de perturbation.

» De nombreuses études ont été faites parallèlement pour les récepteurs. Leur examen détaillé nous entraînerait trop loin, et nous nous bornerons à en citer quelques-unes.

» L'emploi d'ondes peu amorties pour la transmission des signaux a nécessité la recherche de nouveaux détecteurs pour la réception. Ceux-ci, pour donner le rendement maximum, doivent en effet être intégrateurs, c'est-à-dire totaliser l'effet des oscillations de tous les trains d'onde composant un signal. On utilise depuis quelque temps dans ce but les détecteurs à cristaux : *silicon*, *perikon*, détecteurs à pyrites, etc., dus au général Dunwoody, à M. Pickard, M. Pierce, M. Braun, etc. Une étude complète de leurs propriétés a été faite par le capitaine Brenot ⁽¹⁾, qui a montré que leur fonctionnement n'était pas dû à un phénomène thermo-électrique, mais à leur conductibilité unilatérale ou à une électrolyse solide ⁽²⁾. M. Brenot a créé un modèle spécial de détecteur à carborundum extrêmement sensible et qui peut être réglé de deux manières différentes avec des propriétés bien distinctes dans chaque cas. Grâce à ce double réglage il est possible, dans certains cas, d'éliminer à volonté l'une ou l'autre de deux réceptions simultanées ayant des longueurs d'onde et des amortissements différents, sans toucher à

⁽¹⁾ *Lumière électrique*, novembre 1909.

⁽²⁾ M. Blondel avait signalé la vraisemblance de cette hypothèse d'après les propriétés des sulfures jadis étudiées par Chaperon.

aucun autre des appareils de réception. Citons aussi les détecteurs à contact de graphite, de pyrite, etc., dont les propriétés sont analogues et qui sont dus à MM. Otto von Bronk, Einsenstein, etc.

» Une autre catégorie de détecteurs, dont le principe a été donné par le professeur Fleming, utilise la conductibilité unilatérale des gaz ionisés, contenus par exemple dans des lampes à incandescence.

» Citons également le montage de quatre détecteurs électrolytiques disposés comme on le fait pour les soupapes Nodon, imaginé par M. Marie et employé par la Compagnie générale radiotélégraphique.

» Il importe aussi de donner aux circuits de réception le plus faible amortissement possible, et un accouplement convenablement choisi.

» Pour protéger un récepteur contre les perturbations dues à d'autres transmissions ou aux phénomènes électriques naturels, on a essayé d'ajouter à l'effet sélectif dû aux résonances électriques des circuits celui des résonances acoustiques des téléphones ainsi que l'avait indiqué M. Blondel en 1898, lorsque la transmission est faite avec des étincelles musicales. M. H. Abraham a imaginé dans ce but un monotéléphone très ingénieux. L'expérience a montré toutefois que la sensibilité et la rapidité de mise en vibration d'un monotéléphone étaient d'autant moins grandes que l'effet sélectif était plus considérable. La Compagnie Telefunken fait usage dans le même but avec succès, paraît-il, d'un relais téléphonique avec trois transformations successives, qui permettrait non seulement d'obtenir une bonne sélection, mais aussi un renforcement des signaux téléphoniques et même leur inscription par un Morse quand la transmission est suffisamment lente.

» En ce qui concerne spécialement la protection d'un récepteur contre les perturbations électriques naturelles, aucun procédé vraiment efficace n'a encore été trouvé. On a proposé un grand nombre de dispositifs : mise à la terre de l'antenne à travers des selfs et des capacités appropriées, adjonction d'un circuit intermédiaire entre l'antenne et le circuit du détecteur, mise en parallèle d'un circuit très peu amorti avec le circuit du détecteur, emploi d'une deuxième antenne placée au-dessus de l'antenne servant à la

réception des signaux, etc. Tous ces procédés entraînent malheureusement, en même temps qu'une diminution des perturbations naturelles, un affaiblissement des signaux à recevoir. Les détecteurs à cristaux sont moins sensibles que les autres aux effets des perturbations électriques naturelles qui sont très amorties.

» Quand on fait usage d'étincelles rares, le seul moyen de recevoir avec sécurité les signaux télégraphiques, malgré les troubles atmosphériques, est de donner à la transmission une puissance assez considérable pour que les signaux utiles produisent dans les téléphones des sons plus intenses que les signaux parasites.

» Avec les étincelles *continues* ou *musicales*, la gêne causée par les perturbations est beaucoup moins grande.

» Les phénomènes électriques naturels constituent donc toujours une des principales gênes pour la télégraphie sans fil. Ils ne se bornent pas à troubler fréquemment la réception proprement dite des télégrammes en y mélangeant des signaux parasites et en affaiblissant la sensibilité des détecteurs, ils entravent aussi la propagation des ondes entre deux stations correspondantes. La portée d'une station est en effet très variable, sans qu'il soit apporté aucun changement aux appareils. On attribue généralement ces variations à des phénomènes d'ionisation de l'atmosphère qui agissent sur sa conductibilité. Elles se font sentir surtout dans les communications à grande portée. Il n'est pas rare d'entendre les signaux d'un correspondant s'affaiblir graduellement, jusqu'à cesser parfois complètement d'être perceptibles, pour reprendre quelques instants après toute leur intensité. Les interruptions de communications durent parfois pendant plusieurs jours de suite. Ces variations se font sentir presque exclusivement pendant la nuit, c'est-à-dire pendant les heures où les portées sont les plus considérables. On explique d'ailleurs, par la disparition de l'ionisation de l'air, la plus grande portée obtenue la nuit.

» En terminant nous dirons encore quelques mots des tentatives faites pour augmenter la protection des récepteurs contre les perturbations causées par des transmissions qui ne leur sont pas destinées, en employant des antennes *dirigées*, c'est-à-dire des antennes

installées de telle sorte que la transmission et la réception s'effectuent avec un maximum d'intensité dans une direction déterminée.

» Une solution très ingénieuse et très élégante a été imaginée par MM. Bellini et Tosi et a fait l'objet d'une Communication à la Société au début de l'année 1909, ce qui nous dispense de la décrire aujourd'hui. Une application pratique de ce procédé est en cours d'installation à Boulogne.

» On connaît aussi divers autres systèmes d'aériens pour concentrer l'énergie des ondes à grande distance en certaines directions. Garcia, dès 1899, proposait l'antenne recourbée, adoptée depuis par Marconi; le professeur allemand Braun a préconisé un système de trois antennes. L'Anglais S.-G. Brown avait eu, en 1899, l'idée qu'on pourrait obtenir le résultat en réalisant des combinaisons de deux antennes.

» M. Blondel a exposé pour la première fois et indépendamment, en 1902-1903, plusieurs combinaisons qui résolvent le même problème, grâce à l'emploi de l'excitation indirecte et d'aériens formés de deux antennes verticales, oscillant chacune au quart d'onde, avec un nœud de tension à la base et distantes d'une demi-longueur d'onde, ou d'une longueur moindre (condition importante pour l'emploi des grandes longueurs d'onde actuelles).

» Il a montré qu'on peut exciter ces antennes, soit en phases concordantes, et alors réaliser un maximum d'énergie dans le plan perpendiculaire aux antennes, soit en phases opposées, et réaliser alors un maximum d'énergie dans le plan des antennes; il a signalé que, dans ce dernier cas, qui est le plus intéressant, la répartition en plan de l'amplitude des oscillations électriques dans l'éther, près de la surface du sol, varie théoriquement suivant la loi du cosinus, et que ces systèmes d'antennes jouissent de la propriété précieuse d'être beaucoup moins sensibles que les antennes simples aux ondes non synchrones. Il a montré aussi qu'on peut obtenir des résultats analogues avec des cadres fermés, convenablement disposés, et qu'on peut employer ceux-ci en particulier à la réception des ondes et à la détermination de leur orientation.

» Des vérifications de toutes ces propriétés ont été faites soit par moi-même, en 1902, soit plus récemment par M. le capitaine Brenot.

» Pour éviter la nécessité qu'on objecte de faire tourner les aériens ainsi constitués, quand on veut soit changer la direction des ondes émises, soit déterminer la direction des ondes reçues, M. Blondel nous a signalé plus récemment divers artifices qui complètent sa méthode :

» 1^o Pour l'émission, on peut disposer une série d'aériens semblables dans des plans différents, régulièrement répartis autour d'un axe vertical; en formant entre eux, par exemple, des angles de 20°, on dispose ainsi de neuf directions d'émission, ce qui peut être suffisant en pratique, si l'on tient compte du fait que la concentration des ondes n'est que fort relative et que l'amplitude varie très peu dans un angle de 40°. On excite à volonté l'un ou l'autre d'entre ces aériens par un Tesla, au moyen d'un combinateur mobile, qui en même temps peut accoupler les antennes non excitées en opposition deux à deux, suivant des plans perpendiculaires au plan de l'aérien excité, pour qu'elles ne puissent être le siège de courants induits.

» 2^o Pour la réception, le même auteur propose l'emploi de deux aériens fixes, dirigés dans des plans différents et qui ne sont pas nécessairement perpendiculaires, et dont un commutateur tournant fait agir *alternativement* chacun des circuits induits locaux sur un récepteur électrolytique (ou autre), respectivement par l'intermédiaire de deux circuits induits à induction variable. On peut, en réglant ces inductions variables (en augmentant l'une jusqu'à son maximum et réduisant l'autre), comparer entre eux, et amener à l'égalité les deux sons alternés dans le téléphone et en déduire la direction des ondes reçues, par un tarage préalable des appareils.

» Malgré les inconvénients qu'elle conserve encore et dont on peut d'ailleurs espérer voir disparaître une partie dans un avenir peu éloigné, la télégraphie sans fil reçoit chaque jour de nouvelles applications pour les besoins de la navigation, dans les colonies et pour la défense des États. Tous les paquebots à grand parcours possèdent actuellement des postes radiotélégraphiques pour correspondre entre eux et avec des stations côtières dont le nombre va sans cesse en croissant. Les ondes hertziennes précéderont pro-

blement le traussaharien et permettront des communications directes entre le Niger et le Sud Algérien. Les places fortes, les armées en campagne, sont munies de stations radiotélégraphiques qui leur permettent de communiquer entre elles indépendamment des lignes télégraphiques.

» Pendant toute la campagne du Maroc, de janvier à septembre 1908, tous les télégrammes officiels du corps expéditionnaire ont été transmis du Maroc à Paris ou inversement par la télégraphie sans fil : de l'intérieur à Casablanca par des postes mobiles en communication avec le *Kléber*, et de Casablanca à Paris et inversement par le *Kléber* et la Tour Eiffel. Le trafic a atteint jusqu'à 3000 mots par jour, rien que pour les télégrammes du Ministère de la Guerre. Cet exemple montre les grands services que l'on peut attendre de la télégraphie sans fil en cas de guerre.

» Des expériences sont en cours d'exécution pour l'emploi des ondes hertziennes aux communications des dirigeables, malgré le grand danger d'inflammation de l'hydrogène, sous l'influence des petites étincelles et même des effluves qui se produisent à toutes les pointes métalliques de l'aérostat pendant la transmission. La réception ne présente au contraire aucune difficulté sérieuse.

» Enfin, un service de transmission de signaux horaires et de détermination des longitudes par la télégraphie sans fil est en cours d'organisation en France, la Tour Eiffel servant de station centrale.

» Malgré tout, la télégraphie sans fil par ondes hertziennes demeure encore un moyen de communication exceptionnel, dont on fait usage lorsqu'il est impossible d'en employer un autre, et, pour terminer, nous ne pouvons que répéter notre conclusion de 1902 : si la télégraphie sans fil avait été inventée la première, on considérerait la télégraphie avec fil comme un immense perfectionnement. »

M. le PRÉSIDENT remercie très vivement M. le Commandant Ferrié d'avoir bien voulu, quoique souffrant, faire part à la Société de nouveaux procédés de transmission radiotélégraphique; il le félicite également de la part considérable qu'il a prise dans les perfectionnements consacrés par la pratique et ceux, encore à l'étude, qu'il veut bien promettre d'exposer dans une Communication ultérieure.

DISCUSSION DE LA COMMUNICATION DE MM. DALÉMONT ET HERDT
SUR LE COMPOUNDAGE DES ALTERNATEURS ⁽¹⁾.

M. BLOXDEL. — « MM. Dalémont et Herdt ont présenté, à la dernière séance, une Communication fort intéressante sur la réaction d'induit et le compoundage des alternateurs.

» Après avoir rappelé ma théorie des deux réactions, dans le cas particulier où l'on peut négliger les variations de perméabilité, ils ont rappelé aussi qu'on obtenait un excellent compoundage des alternateurs par la compensation de la réaction due au courant déwatté seulement ($I \sin \Phi$). En effet, la réaction causée par la partie ($I \cos \varphi$) en phase avec la force électromotrice E_0 de l'alternateur est toujours très faible, et elle contribue plutôt à relever le voltage.

» J'avais déjà fait cette remarque en août 1896, au Congrès des Électriciens de Genève; cette étude avait même été poussée plus loin et exposait un système de compoundage. Au Congrès des Électriciens de Paris (1900), j'ai exposé plus complètement cette méthode en décrivant et indiquant le moyen de calculer les appareils qu'elle comporte. Enfin j'ai ajouté en février 1904 une deuxième excitatrice, dont je parlerai plus loin et dont la nécessité s'est imposée ensuite à moi pour obtenir une complète stabilité de régime et une grande élasticité de réglage.

» Cette méthode, qui est complètement distincte de chacune de celles qu'ont décrites MM. Dalemont et Herdt, a échappé à la connaissance de ces derniers qui résident au Canada, parce qu'elle n'a été l'objet jusqu'ici d'aucune publicité en dehors des Comptes rendus de l'Exposition de Liège; mais, en fait, elle est sortie depuis très longtemps du domaine du laboratoire et a donné lieu, comme on le verra plus loin, depuis plusieurs années, à des applications industrielles importantes, qui en ont mis hors de doute le côté parfaitement pratique et les avantageux résultats.

» Il me paraît donc intéressant, puisque l'attention est aujour-

(1) Communication présentée en séance par M. Georges Guy.

» teurs et le renforce exactement dans la même proportion que la
» réaction d'induit correspondante de l'alternateur tend à affaiblir
» le champ inducteur de celui-ci ; en outre, on maintient le calage
» des balais invariable par un des artifices connus. Dans ces condi-
» tions, si les circuits magnétiques de l'alternateur et de l'excita-
» trice travaillent au-dessous du coude, il est facile de voir que l'on
» compense encore automatiquement toutes les réactions d'induit
» vattées ou dévattées. »

» La figure 2 représente schématiquement ce dispositif pour une

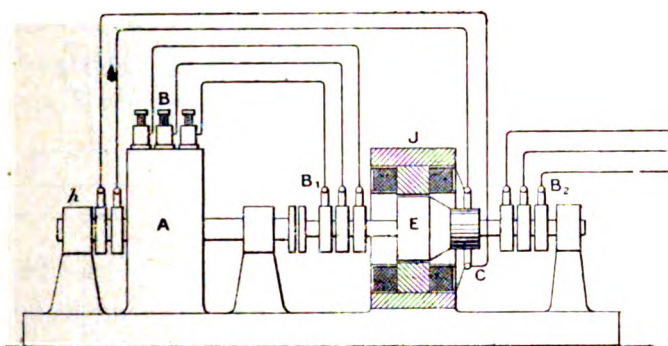


Fig. 2. — Principe de l'excitation par réaction du courant dévatté traversant l'excitatrice (1896).

machine triphasée à inducteur tournant ⁽¹⁾. A est l'alternateur, B les bornes de sortie des courants induits, B₁ les bornes d'entrée du circuit supplémentaire de l'induit de l'excitatrice E, B₂ les bornes de sortie, C le collecteur de l'enroulement principal de l'excitatrice, b les bornes du circuit inducteur de l'alternateur A, J les inducteurs de l'excitatrice excités en dérivation.

» Il va sans dire que le passage direct du courant de l'alternateur dans l'induit de l'excitatrice n'est pratique que pour des courants à basse tension et que, lorsque l'alternateur est à haute tension, on doit préalablement transformer le courant par un transformateur série, comme le faisait déjà en 1896 M. Maurice Leblanc dans son système de compoundage ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Trois ans après ma publication au Congrès de Genève, le même dispositif a été réalisé sous cette première forme simple par notre regretté confrère suédois, M. Danielson (cf. *E. T. Z.*, t. XX, 1899, p. 38).

⁽²⁾ M. Rice, qui a déjà réalisé antérieurement une disposition du même genre, employait deux transformateurs, dont un en dérivation ; c'est un principe différent.

» Le dispositif devient alors celui de la figure 3, où T_1 est le circuit primaire du transformateur triphasé en série sur le circuit

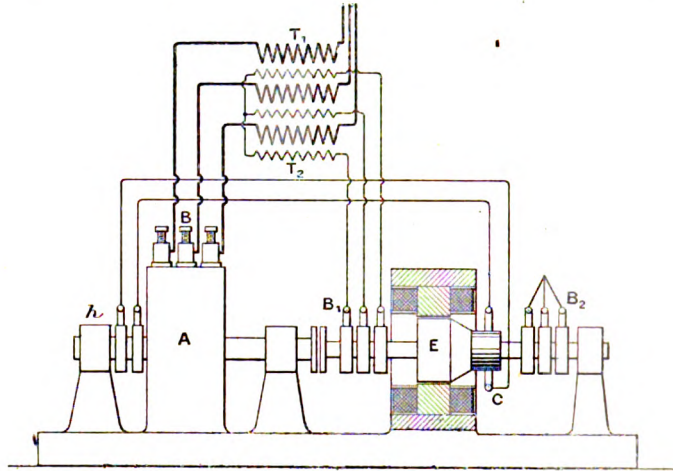


Fig. 3. — Schéma de l'excitation compensée par courant déwatté au moyen d'un transformateur principal, et T_2 le secondaire. On remarquera que les trois bagues de droite B_2 ne servent qu'à fermer sur lui-même l'enroulement

de droite B_2 ne servent qu'à fermer sur lui-même l'enroulement

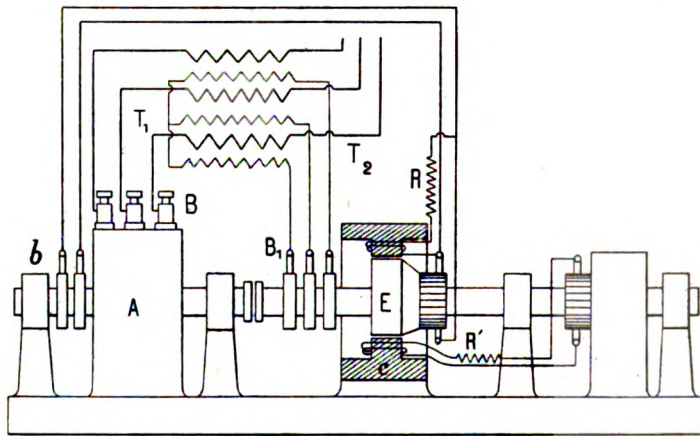


Fig. 4. — Schéma de la méthode complète de l'excitatrice à réaction avec excitation indépendante partielle : A, alternateur ; T_1 , T_2 , transformateur série ; E, induit de l'excitatrice alimentée en triangle par les bagues B_1 ; e, inducteur alimenté par l'excitatrice indépendante K et par une dérivation ; b, bagues alimentant le rotor inducteur de l'alternateur ; R, rhéostat d'excitation shunt ; R' , rhéostat d'excitation indépendant (1904).

supplémentaire de l'induit qui reçoit les courants secondaires de T_2 par les bagues B_1 ; on peut donc les supprimer en faisant la jonction à l'intérieur comme d'habitude. En choisissant convenablement le

nombre de spires secondaires T_2 du transformateur, on réunira en un seul les deux circuits de l'excitatrice, comme on le fait pour les convertisseurs et comme nous le ferons désormais dans ce qui suit.

» Enfin, la figure 4 représente schématiquement le dispositif de compoundage tel qu'il est appliqué actuellement. On y voit les mêmes éléments qu'à la figure précédente, et, en outre, en bout d'arbre, une petite dynamo dont le but, nouveau et important, est d'assurer une partie de l'excitation de l'excitatrice E et de rendre ainsi stable l'équilibre magnétique du système à toute charge. C'est une très petite machine, travaillant toujours au même régime. Au contraire, l'excitatrice E et le transformateur ne travaillent pas à la saturation constante et complète du fer ⁽¹⁾.

» La figure 5 représente schématiquement l'excitatrice E dans

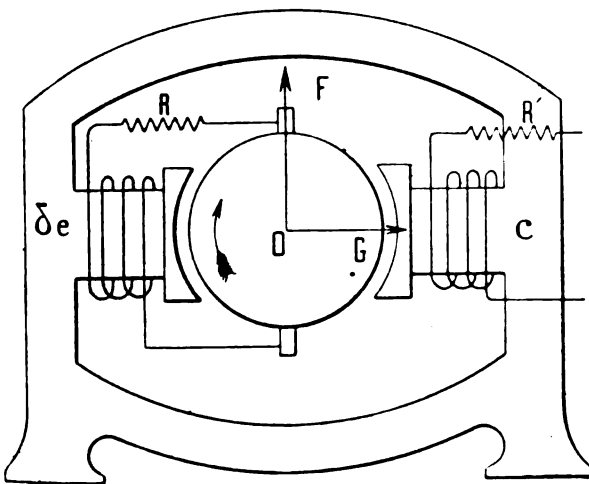


Fig. 5. — Schéma des flux magnétiques de l'excitatrice.

l'hypothèse où elle n'aurait que deux pôles. En réalité, il convient évidemment que cette excitatrice ait le même nombre de pôles que l'alternateur, ou qu'elle soit entraînée par des engrenages multiplicateurs. Nous remarquons d'ailleurs que le nombre de pôles est presque toujours actuellement réduit à 2 ou à 4 dans les turbo-alternateurs.

⁽¹⁾ L'alternateur peut être saturé au même degré que s'il est excité à la manière ordinaire; car il travaille à flux constant, sauf en cas d'hypercompoundage.

» La figure 6 montre le calage relatif de l'excitatrice et de l'induit de l'alternateur, supposé couplé en étoile (1).

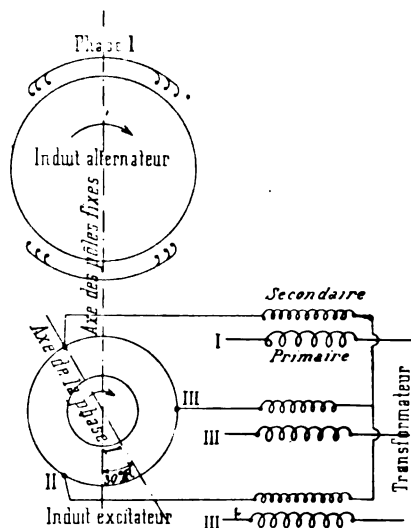


Fig. 6. — Représentation schématique du calage relatif du rotor (inducteur de l'alternateur et de l'induit de l'excitatrice).

Alternateur couplé en étoile, excitatrice couplée en triangle.

» *Principe du calcul du compoundage par l'excitatrice à réaction.*

— Ainsi que nous l'avons dit, le courant déwatté (2) qui circule en charge dans l'induit de l'excitatrice par l'effet du courant déwatté du transformateur doit avoir une action magnétisante sur l'excitatrice; nous le figurons donc sur la figure 5 par le vecteur OG qui a la même signification que le vecteur OG de la figure 1.

» De même, nous y figurons, par le vecteur OF, la composante wattée du courant, en quadrature et en avance sur la composante OG. L'effet de cette composante wattée, dans l'excitatrice, est de faciliter la rotation, et la commutation à ses balais; en effet, il est facile de se rendre compte que ce courant travaille en produisant un couple moteur; sa réaction sur le champ de l'excitatrice tend à combattre la réaction du courant débité par les balais.

(1) On peut, dans certains cas, modifier légèrement ce calage pour modifier un peu l'action de la composante wattée du courant de l'alternateur sur ce dernier.

(2) Les décalages sont rapportés à la force électromotrice intérieure E de l'alternateur, et non à la tension aux bornes U.

» Si nous appelons e la force électromotrice de l'excitatrice aux balais, on sait que la force électromotrice aux bagues B_1 a pour expression $\sqrt{\frac{3}{8}}e$ ou bien $\frac{e}{\sqrt{8}}$, selon que la force électromotrice des bagues est mesurée entre elles, ou bien entre chaque bague et le point neutre. Cette expression théorique, calculée dans l'hypothèse sinusoïdale, doit être corrigée en pratique, et l'on admet que la force électromotrice alternative est égale à e multiplié par un certain coefficient γ . Cette force électromotrice est évidemment en quadrature avec OG.

» On aurait de même une composante en quadrature avec OF, due au flux transversal de l'excitatrice; mais cette composante est toujours très faible, vu la petitesse de ce flux transversal devant le flux principal, et d'autant plus que nous avons ici, ainsi que nous venons de le dire, une compensation partielle entre le champ transversal, dû au vecteur OF, et celui dû au débit des balais ⁽¹⁾.

» Si nous appelons n le rapport de transformation du transformateur, l'expression de la force électromotrice due à l'excitation et ramenée au primaire est $\frac{\gamma e}{n}$.

» Cette force électromotrice, créée par l'excitatrice, est en opposition avec E_0 ; pour la rendre aussi faible que possible en pratique, je mets sur le transformateur 3 ou 4 fois plus de spires sur l'enroulement secondaire que sur l'enroulement primaire; la chute de tension à pleine charge aux bornes de l'enroulement primaire, dans ces conditions, est tout à fait négligeable, comme on en verra un exemple plus loin sur l'alternateur d'Aniche. Pour tenir compte de l'influence du transformateur-série, il suffit de le considérer approximativement comme produisant un courant secondaire proportionnel au courant primaire total issu de l'alternateur. La composante wattée de ce courant secondaire se trouve en partie redressée par le commutateur de l'excitatrice et contribue ainsi directement à l'excitation de l'alternateur, et aussi, d'autre part, à produire un couple moteur, comme on l'a dit plus haut; la composante déwat-

(1) Les balais étant calés à la ligne neutre et la saturation des pièces polaires faible, les champs transversaux ne produisent d'ailleurs aucune modification sensible de la force électromotrice.

tée sert à produire une réaction magnétisante proportionnelle à la composante déwattée du courant primaire.

» Il est vrai que, pour faire passer ce courant déwatté dans l'induit, il faut une certaine force électromotrice, à créer par le transformateur, et exigeant par suite une certaine différence entre les ampères-tours déwattés primaires et secondaires, sensiblement en phase avec OG; mais je m'arrange de manière à rendre ce vecteur toujours extrêmement faible et sensiblement négligeable en réalisant les conditions suivantes :

» 1° L'enroulement secondaire du transformateur a une self-induction très grande par rapport à celle de l'induit de l'excitatrice et se comporte, par suite, sensiblement comme s'il était fermé sur lui-même ;

» 2° La plus grande partie des ampères-tours magnétisants nécessaires sont fournis par une excitation shunt dont on parlera plus loin; les ampères-tours déwattés de l'induit servent surtout à régler cette excitation shunt et ne produisent eux-mêmes qu'une partie des ampères-tours nécessaires.

» Les ampères-tours totaux assurant l'excitation de l'excitatrice comportent, en définitive, une partie constante C, due à la petite excitatrice auxiliaire et une partie variable produite par la réaction du courant déwatté de l'alternateur, et dont l'expression ramenée en ampères-tours continus est la suivante :

$$K \frac{I \sin \varphi}{n} \frac{m \sqrt{2}}{2};$$

$\frac{I \sin \varphi}{n}$ représente le courant de chaque bague, m le nombre de fils à la périphérie de l'induit, et k un coefficient donné par un tableau bien connu, suivant le nombre de fils et de phases.

» Dans la marche à vide, c'est-à-dire lorsque $I = 0$, il ne circule pas de courant dans le primaire du transformateur. Mais il circule un faible courant déwatté dans le secondaire dû à l'effet de l'excitatrice débitant en court-circuit sur lui. Nous pouvons en tenir compte une fois pour toutes en le représentant par des contre-ampères-tours équivalents, et considérer que les ampères-tours d'excitation de l'excitatrice à vide sont réduits à une valeur résul-

tante constante, obtenue par différence, $c = C - C'$; ils assurent aux balais de cette excitatrice une force électromotrice e_0 .

» En charge, le courant échangé entre l'excitatrice et le transformateur diminue, s'annule, puis change de signe ; l'excitation résultante reste toujours en dessous du coude de la caractéristique de l'excitatrice ; le voltage de celle-ci e est donc proportionnel aux ampères-tours d'excitation

$$c + \frac{Km\sqrt{2}}{2n} \sin \Phi.$$

» Il en est de même du courant qu'elle débite dans les bagues b , assurant l'excitation de l'alternateur. On choisira donc le rapport de transformation n tel que le terme $\frac{Km\sqrt{2}}{2n} I \sin \Phi$, proportionnel au courant déwatté, ait bien, devant le terme constant c , la valeur relative qu'on doit donner aux ampères-tours additionnels dans l'alternateur, afin d'en maintenir (ou d'en relever) le voltage aux bornes.

» Pour réduire au minimum les ampères-tours de réaction d'induit à fournir par le transformateur, comme je l'ai dit plus haut, j'ajoute à l'excitation de l'excitatrice E un enroulement branché en dérivation ⁽¹⁾ sur ses balais, ainsi que le montrent les figures 4 et 5. L'expression des ampères-tours magnétisants totaux devient, en appelant δ une constante convenable,

$$\left(c + \frac{Km\sqrt{2}}{2n} I \sin \Phi \right) \left(1 + \frac{\delta c_0}{c} \right).$$

» En examinant cette expression, on voit que l'adjonction de cette portion d'excitation en dérivation ne modifie en rien les propriétés que nous venons d'étudier ; il est même possible de lui donner une importance prépondérante, par exemple les $\frac{2}{3}$ de l'excitation totale. Mais il ne faudrait pas aller trop loin dans cette voie, et croire que cette excitation en dérivation puisse suffire à elle

⁽¹⁾ L'excitation complémentaire peut être indifféremment réalisée en série ou en dérivation ; nous prenons seulement ce second cas à titre d'exemple. Quand l'excitation est en série, on la règle par un rhéostat shunt réglable. Toutes les propriétés du système restent les mêmes.

seule au fonctionnement du système; car, alors, celui-ci resterait instable.

» L'avantage considérable, en pratique, de cette portion d'excitation prise en dérivation aux balais de l'excitatrice E est de réduire, au tiers environ, le courant demandé au transformateur, ainsi qu'à l'excitatrice auxiliaire en bout d'arbre. Cette dernière machine, notamment, peut être une toute petite dynamo bipolaire; on peut aussi lui substituer une prise sur la distribution générale de l'usine. Quant au transformateur, il est beaucoup plus petit que s'il avait à assurer toute l'excitation de l'alternateur.

» *Réglage du voltage et du compoundage de l'alternateur.* — Le réglage de l'installation peut être corrigé par la manœuvre des deux rhéostats R et R'.

» En réglant l'excitation en dérivation sur les balais de l'excitatrice E, au moyen du rhéostat R, on corrige la valeur totale du courant d'excitation de l'alternateur dans une certaine proportion, mais on ne change pas la valeur relative du compoundage; en effet, cette manœuvre revient à modifier la valeur numérique du coefficient δ et du facteur $\left(1 + \frac{\delta e_0}{c}\right)$.

» En réglant, au contraire, l'excitation fournie par la petite excitatrice auxiliaire, par la manœuvre du rhéostat R', on corrige la valeur relative du compoundage; en effet, on modifie la valeur du terme c par rapport au terme $\frac{Km\sqrt{2}}{2n} I \sin \Phi$.

» On voit donc qu'il est très facile de modifier à son gré la valeur du compoundage ainsi que la valeur absolue du voltage de l'alternateur. Cette grande souplesse et cette commodité de réglage sont une des caractéristiques du système de compoundage que je viens de décrire et contribuent beaucoup à sa valeur pratique; on remarquera d'ailleurs que si, pour un motif quelconque, il arrivait une avarie au transformateur compoundeur, le dispositif permet de faire provisoirement le réglage à la main comme avec un alternateur ordinaire. On remarquera aussi que ces deux procédés de réglage sont exactement équivalents à ceux qu'on emploie pour le réglage des dynamos compound à courant continu.

» Il y a, du reste, analogie entre les deux espèces de machines

compoundées, et toutes les propriétés connues des dynamos compounds trouvent leur application à la manœuvre des alternateurs compounds. Par exemple, le couplage en parallèle s'effectue, de même, avec la plus grande facilité; et il est avantageux aussi d'établir des connexions d'équilibre, c'est-à-dire de relier directement entre elles les bornes des alternateurs, de façon que leur réaction mutuelle synchronisante s'effectue librement. Cependant, la chute de tension dans les transformateurs compounds est si faible, que plusieurs alternateurs compounds de mon système se couplent très bien en parallèle sans connexions d'équilibre et sans précautions spéciales.

» *Exemples d'installations réalisées.* — Je crois intéressant de citer, entre plusieurs, quelques-unes des applications de ce système de compoundage réalisées depuis 1903 par la maison Sautter-Harlé; celle-ci a pris l'initiative de faire cette application à ses groupes électrogènes à turbine et en a assuré le succès par l'habileté et la précision qu'elle apporte à toute sa construction (1).

» PREMIÈRE INSTALLATION. — *Compagnie électrique de la Loire. Usine de Pont-de-Lignon.* — Un groupe de 290 kilowatts, 3000 tours par minute, 50 périodes, 5700 volts; $\cos p = 0,65$ à $0,7$.

» DEUXIÈME INSTALLATION. — *Société minière d'Ekaterinovka (fig. 7).*

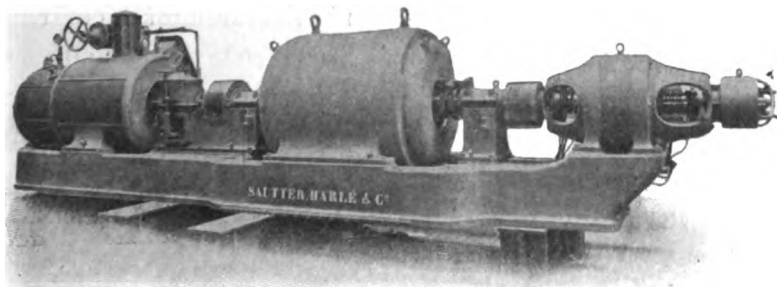


Fig. 7. — Turbo-alternateur compoundé d'Ekaterinovka, exposé à Liège en 1905.

— Trois groupes de 400 kilowatts, 3000 tours, 50 périodes, 3000 volts; $\cos p = 0,825$.

(1) La construction a été exécutée sous la direction de M. Jean Rey, gérant, par M. Sacquet, ingénieur en chef. D'autres installations sont aussi projetées actuellement par la Société *Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft*, qui a entrepris l'application du même procédé en Allemagne.

» Le troisième groupe, installé postérieurement aux deux premiers, a figuré à l'Exposition de Liège.

» La figure 7 représente l'ensemble du groupe exposé ⁽¹⁾.

» Le poids du groupe complet, y compris l'éjecto-condenseur, est de 14250 kg. La turbine à vapeur A ⁽²⁾, l'alternateur B et l'excitatrice C sont montés sur une base commune et leurs parties mobiles sont montées sur un bâti commun, et leurs arbres sont réunis par des manchons d'accouplement.

» L'alternateur est à induit fixe et à inducteur tournant et peut donner une puissance apparente de 500 k.v.a. Le rotor inducteur bipolaire, de 500 mm de diamètre, est constitué par un noyau de tôles claveté sur l'arbre et portant, dans ses encoches, un enroulement réparti, recevant par des bagues le courant d'excitation (80 ampères à pleine charge). Le stator induit est constitué par des tôles de 900 mm de diamètre extérieur, contenant les enroulements de trois phases dans des encoches mi-fermées.

» L'échauffement est maintenu par ventilation au-dessous de 40° en service normal. Grâce à la construction judicieuse de l'inducteur et de l'induit, les courbes de tension à vide et en charge sont sensiblement sinusoïdales, comme le montre le tracé obtenu à l'oscillographe (*fig. 8*) ⁽³⁾. On voit sur les figures combien est petite l'excitatrice auxiliaire.

» La régulation de vitesse est assurée par un obturateur automatique à soupape commandé par un régulateur à force centrifuge très précis qui limite les écarts de vitesse entre la marche en charge et la marche à vide à 2 pour 100 et les écarts instantanés à 6 pour 100 (*fig. 9*). La constance du voltage est rigoureusement assurée par l'excitatrice à réaction.

(1) Le journal *L'Éclairage électrique* du 18 novembre 1905, t. XLV, p. 250, contient plus de détails.

(2) La turbine est du type Rateau, construite par la maison Sautter-Harlé.

(3) La courbe un peu dentelée est la force électromotrice relevée à vide, et l'autre la tension aux bornes quand l'alternateur débite sur charge non inductive. On a superposé les deux courbes et on les a séparées en faisant concorder des points de repère déterminés chaque fois par un contact électrique fixe placé sur l'arbre de l'alternateur. On peut ainsi connaître exactement le décalage de phase entre les deux courbes; de ce décalage on déduit, suivant la méthode que j'ai indiquée au Congrès de Saint-Louis 1904, la valeur de la réaction *transversale* de l'alternateur, indépendamment de la réaction *directe*.

» Celle-ci et sa petite excitatrice de stabilisation sont supportées

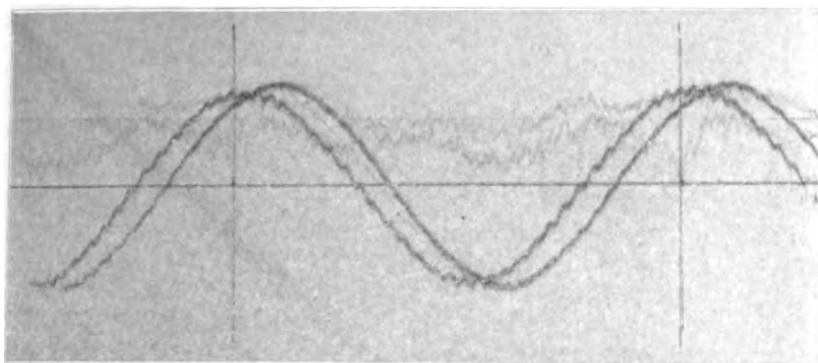


Fig. 8. — Oscillogrammes de la force électromotrice aux bornes de l'alternateur, à vide et à charge.

par un prolongement du bâti commun ; leurs balais sont en charbon.

» Ce groupe a contribué à assurer l'éclairage de l'Exposition de

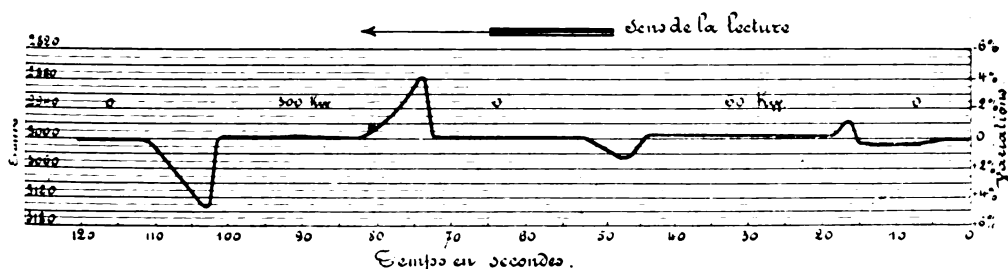


Fig. 9. — Variation de vitesse du turbo-alternateur en cas d'application brusque de la charge.

Liège pendant toute sa durée avec une parfaite régularité, et les graphiques qui ont été relevés sur le courant d'excitation ont montré qu'il variait entre 70 et 80 ampères.

» TROISIÈME INSTALLATION. — *Compagnie des Mines d'Aniche*. — Un groupe de 500 kilowatts, 3000 tours, 50 périodes, 525 volts ; $\cos = 0,8$ à $0,85$ (fig. 10, 11, 12).

» QUATRIÈME INSTALLATION. — *Station centrale de la Compagnie d'Apcherone à Bakou (M. Boulaguan)*. — Un groupe électrogène, 150 kilowatts, 3000 tours, 1000 volts, 50 périodes ; $\cos p = 0,7$.

» *Résultats d'essai.* — Enfin, je crois utile de compléter ces indications par quelques chiffres permettant de préciser les résultats :

» 1° *Alternateur de Routchenko, Ekaterinovka.* — 500 kilowatts,

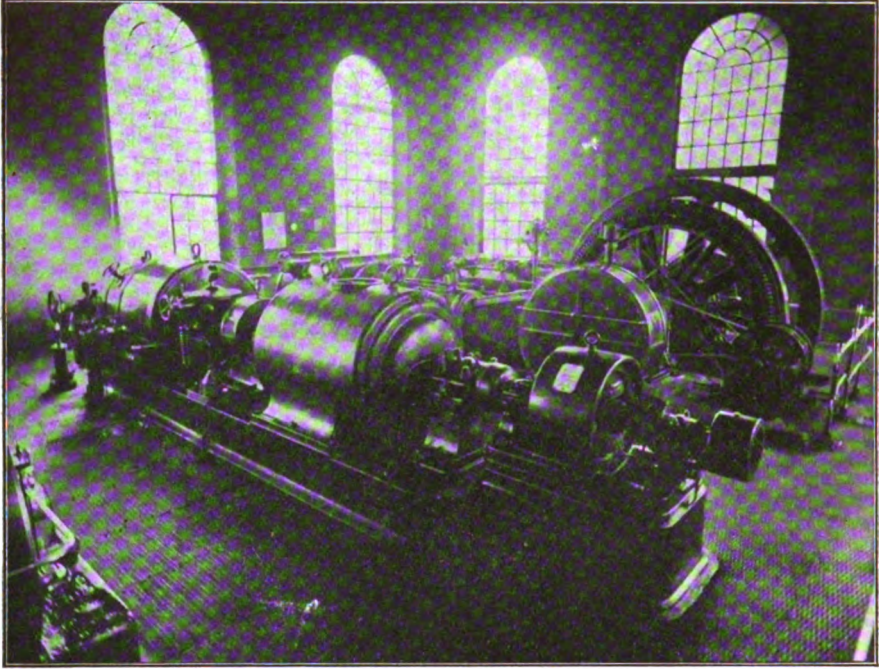


Fig. 10. — Turbo-alternateur compoundé installé aux mines d'Aniche (1907).

3000 volts, 50 périodes, bipolaire. Transformateur de compoundage : primaire, 26 spires; secondaire, 64 spires (étoile).

» *Essais :* 1° Sur circuit inductif ($\cos\Phi = 0,8$).

Débit.	Tension.	Excitation.	Courant échangé i_2 .
0 ampère	3000 volts	75 ampères	5,9 ampères efficaces
93,5 ampères	3030 —	120 —	23 —

(sans compoundage, avec excitation de 75 ampères, au même débit de 93 ampères, la tension tombe à 2350 volts).

» 2° Sur circuit non inductif ($\cos\Phi = 1$) :

	Débit.	Tension.	Excitation.
Rhéostat fixe = 19 ohms ..	0 ampère	3000 volts	75 ampères
Rhéostat shunt = 60 — ...	104 ampères	3150 —	110 —

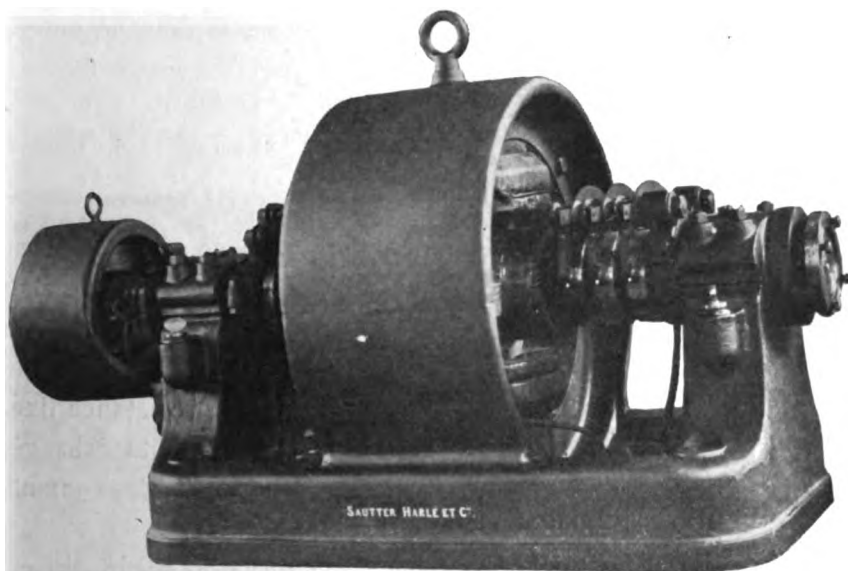


Fig. 11. — Détail de l'excitatrice à réaction de la figure 8.
A gauche, en bout d'arbre, la petite excitatrice supplémentaire.



Fig. 12. — Transformateur-série compoundant le groupe de la figure 8.

» 3° Sur circuit non inductif ($\cos \Phi = 1$) :

	Débit.	Tension.	Excitation.	i_2 .
Rhéostat fixe = 12 ohms..	0 ampère	3200 volts	85 ampères	6,1 ampères
Rhéostat shunt = 61 — ...	108 ampères	3190 —	116 —	22,5 —

» Ces chiffres montrent combien l'effet du compoundage est important et avec quelle facilité on le règle par les deux rhéostats ; le réglage du 2° donne de l'hypercompoundage ; celui du 3°, le compoundage à peu près rigoureux ; en outre, la tension absolue a été relevée de 200 volts par simple modification de la résistance fixe. On remarquera aussi combien sont faibles les courants échangés entre le transformateur et l'excitatrice en comparaison des courants d'excitation de l'alternateur.

» Le couplage en parallèle des trois groupes d'Ekaterinovka est fait sans fils d'équilibre et sans précaution d'aucune sorte. Il en a été de même du couplage de l'alternateur de la Compagnie électrique de la Loire, mentionné plus haut, avec d'anciens alternateurs volants à excitation unipolaire de Oerlikon de la même usine. Mais, pour éviter que l'alternateur-turbine prenne toute la charge, on a dû, dans ce cas tout spécial, réduire le coefficient de compoundage et régler la variation de voltage de façon qu'elle soit à peu près la même que celle des alternateurs de Oerlikon ; c'est un exemple de l'utilité du rhéostat d'excitation shunt dans cette méthode.

» 2° *Alternateur des Mines d'Aniche.* — Un turbo-alternateur Sautter-Harlé et C^{ie}, de 500 kilowatts à 3000 tours, avec excitatrice compound directement accouplée à l'alternateur, a donné, en essais sur circuit non inductif, les voltages suivants :

Charge.	Tension.	Excitation.		Nombre de tours par minute.
80 ampères	530 volts	60 ampères	21 volts	3040
140 —	530 —	54 —	22 —	3030
180 —	530 —	70 —	24 —	3020
260 —	540 —	79 —	27 —	3020

» Le même groupe, une fois mis en place, a donné les résultats suivants en fonctionnant sur le réseau de distribution, à la vitesse

d'environ 3000 tours :

Charge.	$\cos \Phi$.	Voltage.	Excitation.		Courant échangé.
0 amp.	»	525 volts	52,5 amp.	19 volts	3,5 amp. effie.
300 —	0,865	525 —	76,5 —	26 —	17 —
386 —	0,865	525 —	80 —	28 —	24 —
650 —	0,80	525 —	103 —	40 —	45,5 —

» On voit que la courbe de voltage est sensiblement rectiligne et sans dos d'âne.

» La tension en charge entre les bornes du primaire du transformateur ne dépasse pas 2 volts.

» Les constructeurs ont résolu sur place le problème du réglage en parallèle de cet alternateur avec un alternateur Bréguet, du type volant de 350 kilowatts, commandé par une machine compound Crépell, avec manivelles calées à 90°, et excité par une excitatrice compoundante Boucherot commandée par une courroie.

» Au début, on obtenait de violents courants d'échange entre les deux machines. Il a suffi d'ajouter entre leurs bornes respectives des fils d'équilibre (présentant une certaine résistance) pour mettre fin à cette instabilité. Depuis lors, le réglage en parallèle a fonctionné d'une manière satisfaisante (1).

» *Conclusion.* — J'espère avoir montré par ce qui précède que, pour avoir été conduit dans le silence, depuis ma dernière publication de 1900, le travail de mise au point industriel de mon système de compoundage par le courant dewatté n'en a pas moins été effectué d'une manière complète et avec succès, et que ce système a reçu complètement la sanction d'une pratique déjà longue.

» Ses caractéristiques sont une très grande simplicité de moyens, l'emploi d'un seul transformateur-série de puissance peu importante, la réaction instantanée (grâce aux inducteurs feuilletés de l'excitatrice), et la facilité des réglages, qui permettent de relever comme on veut la tension indépendamment du compoundage, aussi bien que de régler le coefficient de compoundage indépendamment de la tension.

(1) Cette installation et celle de Pont-de-Lignon ont été mises en service par M. Cassegrain, ingénieur aux ateliers Sautter-Harlé.

» Ce système est particulièrement bien approprié aux turbo-alternateurs et réalise à la fois une parfaite stabilité de l'excitation et les conditions les plus faciles pour l'accouplement en parallèle; il se prête à la réalisation d'alternateurs à force électromotrice parfaitement sinusoïdale.

» Il semble qu'en présence de cette simplicité et de ces avantages, toutes les critiques que l'on a pu diriger autrefois contre le compoundage automatique, et qui ont pu motiver temporairement une certaine préférence en faveur des rhéostats à manœuvre automatique, n'ont plus aujourd'hui de raison d'être; par contre, le compoundage conserve les avantages d'une action instantanée et de l'absence de tout mécanisme délicat et déréglable, puisqu'il ne fait appel qu'à des réactions purement électriques et magnétiques.

APPENDICE.

» *Représentation graphique de la solution.* — Nous pouvons préciser les considérations précédentes par une représentation graphique.

» Représentons par une droite OM_0 , passant par l'origine, la caractéristique d'excitation sensiblement rectiligne de l'excitatrice, en portant comme ordonnées les f. e. m. résultantes, c'est-à-dire en tenant compte des pertes de tension dans l'induit débitant sur l'inducteur de l'alternateur en circuit fermé; la caractéristique en circuit ouvert serait une droite un peu différente OP . Les abscisses représentent les ampères-tours d'excitation rapportés à l'inducteur de l'excitatrice.

» Soient e_0 la f. e. m. nécessaire pour l'excitation de l'alternateur tournant à vide; e_2 la f. e. m. nécessaire pour l'excitation à pleine charge en supposant le courant de l'alternateur déwatté dans la proportion maximum où il peut l'être ⁽¹⁾; e_1 la f. e. m. moyenne correspondant au milieu de ces deux régimes extrêmes. Nous appellerons E, E_1, E_2 les f. e. m. correspondantes intérieures produites dans l'alternateur par l'excitation.

» D'après les considérations exposées plus haut, il est avantageux, pour réduire au minimum les courants d'échange du transformateur, de réaliser pour la marche à vide la f. e. m. e_1 , de la faire s'abaisser spontanément à la valeur e_0 par la réaction de l'induit débitant sur le transformateur à vide, et de l'élever à la valeur e_2 , à pleine charge, par la réaction du courant débité par le transformateur sur l'excitatrice.

» Soient A_0, A_1, A_2 les ampères-tours nécessaires respectivement pour les forces motrices e_0, e_1, e_2 , et soit a les ampères-tours produits par l'excitation indépen-

⁽¹⁾ Nous supposons que le courant fourni par l'alternateur est entièrement déwatté, pour prendre le cas le plus défavorable; on a vu plus haut pourquoi on néglige le courant watté.

dante fixe. L'excitation shunt nécessaire pour obtenir la f. e. m. moyenne e_1 désirée devra produire les ampères-tours $A_1 - a$ représentés par le segment Dm_1 . Traçons par D une droite DM_1 représentant l'excitation shunt; soient r la résistance d'une spire, N le nombre de spires de l'enroulement, R la résistance du rhéostat d'excitation ajouté en série; le coefficient angulaire de DM_1 aura pour expression

$$(1) \quad \tan \alpha = \frac{R + Nr}{N} = r + \frac{R}{N}.$$

On se donne $\tan \alpha$, d'après l'inclinaison de OM. La relation

$$\overline{OD} + \overline{Dm_1} = A_1$$

ou

$$(2) \quad a + \frac{e_1 N}{R + Nr} = A_1$$

donne, d'autre part,

$$(3) \quad R + Nr = \frac{Ne_1}{A_1 - a}.$$

Ces deux relations (1) et (3) déterminent R et r .

Les f. e. m. produites par les deux enroulements excitateurs de l'inducteur auront pour lieu géométrique la droite DM_1 ; par conséquent, pour réaliser la

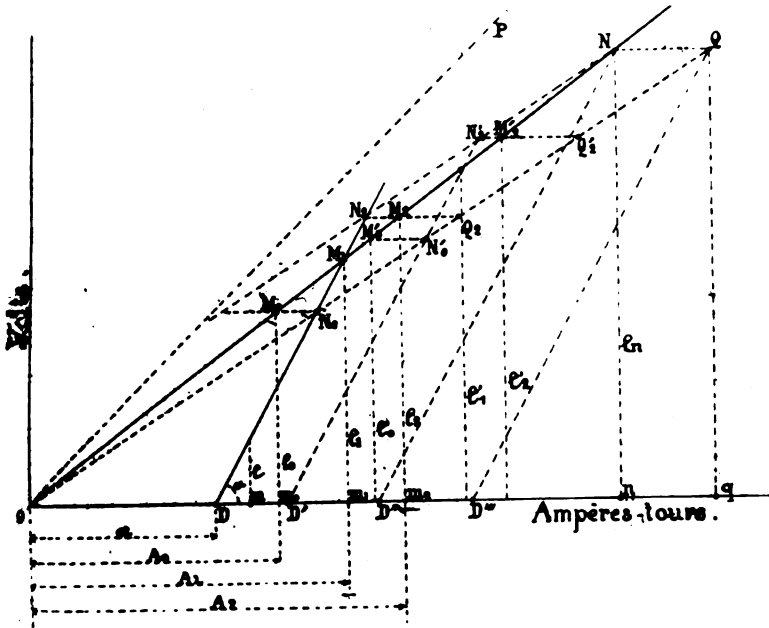


Fig. 13. — Épure de l'excitation de l'excitatrice à réaction.

f. e. m. e_0 avec l'excitation nécessaire A_0 (que nous connaissons par la caractéristique ON sur laquelle se trouve le point M_0), il faudra que l'excitatrice débite à circuit ouvert un courant i_0 capable de produire une réaction d'induit égale à la distance horizontale $\overline{M_0N_0}$ qui sépare le point M_0 de la droite d'excitation DM_1 ; d'où l'équation

de condition

$$(4) \quad \frac{K m i_0 \sqrt{2}}{2} = 2 \overline{M_0 N_0} = \left(A_2 - A_0 - \frac{e_2 - e_0}{\tan \alpha} \right).$$

» Une fois i_0 déterminé par celle-ci, le calcul s'achève en calculant par les formules connues l'impédance du transformateur Z qui correspond à e_0 et i_0 : $Z = \frac{e_0}{i_0}$. On peut alors calculer les constantes du transformateur permettant de produire à pleine charge la f. e. m. intérieure e_2 ; d'où, l'on déduit sa puissance $e_2 i_0$ en k. v. a.

» On peut faire varier l'inclinaison de la droite DM_1 à volonté en modifiant la résistance de l'enroulement dérivé, soit par le choix du fil, soit par la modification du rhéostat d'excitation ⁽¹⁾. En effet, on a, sur la figure, la relation

$$(5) \quad \tan \alpha = \frac{e_2 - e_0}{I_2 - I_0 - \frac{K m i_0 \sqrt{2}}{2}} = \frac{R + Nr}{N};$$

en substituant dans (5), on en tire la valeur de R et de α à réaliser, en fonction du courant i_0 choisi.

» La variation de la résistance du shunt équivalent à faire pivoter la droite DM_1 autour du point M_1 jusqu'à ce qu'elle vienne passer par le point N_0 , extrémité du segment $\overline{N_0 M_0}$ qui représente l'excitation d'induit à vide; le point D obtenu détermine les ampères-tours excitateurs fixes α . On peut donc, en modifiant à la fois α et R , obtenir que la f. e. m. à vide (après avoir coupé la connexion avec le transformateur) soit bien égale à la valeur e_1 choisie.

» Les segments horizontaux, tels que $\overline{M_0 N_0}$, compris entre la courbe d'excitation ON et la droite OQ , représentent les contre-ampères-tours de l'excitatrice débitant dans le secondaire du transformateur (à primaire non excité), pour tous les voltages e possibles de l'excitatrice. En particulier, à la tension de pleine charge e_2 , l'excitatrice débiterait ainsi un courant déwatté proportionnel à $\overline{M_2 Q_2}$ au lieu d'un courant proportionnel à $\overline{M_0 N_0}$. Comme l'excitation du primaire du transformateur a pour effet d'inverser ce courant déwatté et de le remplacer par un courant proportionnel à $\overline{M_2 N_2}$, on voit que le segment $\overline{Q_2 N_2}$ représente le courant déwatté que le transformateur débiterait dans l'excitatrice à pleine charge, si celle-ci ne produisait pas de force contre-électromotrice: le courant inversé proportionnel à $\overline{M_2 N_2}$ peut ainsi être considéré comme la différence entre les courants proportionnels aux segments $\overline{N_2 Q_2} - \overline{M_2 Q_2}$. Si donc on trace par le point N_2 une droite parallèle à OQ , et qu'on détermine le point N où elle rencontre la droite OM_1 et les projections n et q des points N et Q , le segment $\overline{NQ}$ étant égal à $\overline{N_2 Q_2}$, le point N caractérise une f. e. m. e_n de l'excitatrice, telle qu'il n'y aurait aucun courant échangé entre elle et le transformateur.

» Cela posé, supposons qu'on veuille relever le voltage de l'alternateur en augmentant l'excitation constante α de la valeur OD jusqu'à la valeur OD' . La droite DN_2 sera

⁽¹⁾ L'enroulement shunt peut être remplacé par un enroulement série, et alors le réglage se fait par un rhéostat shuntant cet enroulement.

remplacée par une droite parallèle DN'_2 , le segment horizontal $\overline{N'Q'}$ sera égal au segment constant $\overline{N_2O_2}$, mais le segment $\overline{N'_2N'_2}$ aura diminué et le segment $\overline{M'_0N'_0}$ aura augmenté; la distance horizontale des points $\overline{M'_0M'_2}$ sera restée constante et égale à $\overline{M_0M_0}$, par suite de la similitude des triangles. Cela veut dire que le courant envoyé de l'excitatrice dans le transformateur sera devenu plus important aux faibles charges, et que le courant envoyé du transformateur à l'excitatrice aux fortes charges sera devenu plus faible; que la f. e. m. moyenne E'_1 sera augmentée, mais que l'accroissement d'ampères-tours, depuis la faible charge jusqu'à la forte charge, et, par suite, la différence entre les f. e. m. extrêmes E'_0 et E'_2 , n'auront pas varié. En même temps, les courants échangés avec le transformateur auront pris une valeur maxima plus grande et celle-ci atteindra le double de la valeur primitive lorsque la droite DN_1 sera amenée jusqu'à $D'N$ par la réalisation d'une excitation fixe égale à OD' .

» Au contraire, supposons qu'on conserve l'excitation fixe invariable, $\overline{OD} = a$, et qu'on agisse sur l'excitation dérivée en faisant varier la résistance du rhéostat d'excitation intercalé dans celle-ci, le point D restera fixe, mais la droite DN_2 pourra s'incliner plus ou moins autour du point D. Si on l'incline davantage vers la droite, en diminuant la résistance du shunt, le point M_1 s'élèvera sur la droite OM, et, par conséquent, les voltages seront accrus comme dans le cas précédent; mais en même temps augmentera la distance horizontale des points M_0, M_2 , et, par conséquent aussi, l'amplitude de la variation de la f. e. m. réalisée par le compoundage. L'alternateur pourra être ainsi hypercompoundé. Si, au lieu de garder l'excitation fixe constante, on la diminue de manière que la droite DM_1 , tout en s'inclinant, pivote autour du point N_0 , comme nous l'avons fait pour le réglage préalable, on conservera la même f. e. m. à vide, mais on fera accroître encore l'effet compoundant.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Guy et le prie de transmettre à M. Blondel les remerciements de la Société.

La séance est levée à 10^h40^m du soir.

BIBLIOGRAPHIE.

Compte rendu et résultats des études et travaux, au 31 décembre 1907, du Service d'études des grandes forces hydrauliques (région des Alpes). Tome III. In-8° de 688 pages avec figures, 7 planches, 14 Cartes en couleurs, 30 graphiques hors texte. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs, Paris.

Le service spécial d'études des grandes forces hydrauliques de la région des Alpes, dirigé par M. R. de la Brosse, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, rend compte, dans ce Volume, des progrès accomplis au point de vue du recensement de nos richesses hydrauliques en 1906 et 1907.

C'est, en ce Tome troisième, la continuation de l'œuvre entreprise de dresser un véritable cadastre des ressources en *houille blanche*, dont la nature a doté notre pays.

L'Administration facilitera par cette documentation précise la mise en valeur de ce patrimoine si précieux au développement économique du pays.

La région explorée comprend ici la partie septentrionale des Alpes entre le cours du Rhône, la frontière italienne, le lac Léman et le bassin de la Durance.

La partie méridionale de la Durance à la Méditerranée, confiée aux soins de M. l'ingénieur en chef R. Tavernier, doit faire l'objet d'une étude distincte et prochaine.

Tous ceux qu'intéressera l'utilisation des forces hydrauliques dans ces régions se reporteront avec fruit à une base aussi sérieuse pour l'établissement de prévisions précises.

La théorie des courants alternatifs, par Alexandre RUSSELL. M. A., M. I. E. E., ancien Élève et Maître de conférences au collège de Gouville et Caius à Cambridge, Maître de conférences de Mathématiques appliquées et Directeur de la Section des Mesures à Faraday House, Londres. Traduit de l'anglais par G. SELIGMANN-LUI, ancien Élève de l'École Polytechnique, Inspecteur général des Télégraphes. Tome I. Gauthier-Villars, imprimeur-libraire, Paris.

Le premier Volume que présente le traducteur est consacré aux principes généraux que M. Alexandre Russell s'est proposé de réunir en employant les formules mathématiques les plus usuelles ; l'auteur n'hésite pas cependant à recourir parfois aux formules les plus transcendantes, mais alors l'une des moindres qualités qu'il accuse est justement de les rendre facilement accessibles.

Parmi les Chapitres les plus importants signalons celui relatif à la capacité et à l'inductance des lignes polyphasées tant aériennes qu'en câbles armés ; l'intérêt pratique de cette étude analytique est évident.

Les effets induits entre conducteurs voisins est un sujet également intéressant et

sur lequel une étude bien coordonnée était jusqu'ici à introduire dans la littérature technique.

La question des courants de Foucault dans les matériaux magnétiques est aussi l'objet d'importants développements basés sur les travaux de J.-J. Thomson et d'Oliver Heaviside ; les praticiens trouveront à ce propos, dans l'Ouvrage de M. A. Russell, des procédés d'investigation qui leur permettront d'approfondir certaines parties traitées souvent, faute de moyens, trop sommairement dans les Ouvrages de construction.

En résumé, travail de haute valeur, qui fait souhaiter la publication prochaine du second Volume.

Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen (*Monographies électrotechniques*), publiées sous la direction du Dr G. BENISCHKE. Friedr. Vieweg et fils, éditeurs, Brunswick. — 1^o *Die Transformatoren ihre Wirkungsweise, Konstruktion, Prüfung und Berechnung* (Les transformateurs, leur mode de fonctionnement, construction, essais et calculs), par le Dr Gustave BENISCHKE, avec 218 figures dans le texte et 10 tableaux.

Le nom du Dr Benischke recommande suffisamment cet Ouvrage au public intéressé.

Le caractère en est tout à la fois pratique et analytique ; les développements mathématiques n'y occupent cependant que la place nécessaire à l'interprétation des phénomènes sans détails oiseux ou surabondants. C'est, en somme, pour les ingénieurs constructeurs et les étudiants, un excellent recueil relatif à une série d'appareils dont la perfection est arrivée aujourd'hui à un si haut point.

2^o *Kapazität und Induktivität, ihre Begriffsbestimmung, Berechnung und Messung* (Capacité et inductivité ; définitions, calculs et mesures), par le Dr Ernst ORLICK, professeur et membre du Bureau impérial physico-technique (Physikalische-technische Reichsanstalt).

Ce Volume appartient à la même collection que le précédent ; mais le sujet, pour être plus spéculatif, n'en présente pas moins une grande importance en raison du rôle que jouent, dans les phénomènes électriques, les deux propriétés envisagées.

Le développement des installations à haute tension et de la technique des hautes fréquences impose au praticien de creuser davantage chaque jour les questions de théorie appliquée. C'est en vue d'aider à cette tâche que le plan du présent Volume a été conçu en partant de la théorie de Maxwell.

Les travaux de Cohn sur le champ électromagnétique et ceux d'Abraham sur la théorie de l'électricité sont mis également à contribution pour une part importante.

En ce qui concerne la partie pratique, les méthodes éprouvées par la pratique de la Physikalische-technische Reichsanstalt ont seules été retenues, laissant de côté la multitude des variantes ne présentant pas d'intérêt particulier ou non consacrées par de longues et sérieuses expériences.

Nous signalerons particulièrement dans la partie théorique pour sa grande clarté et sa simplicité l'introduction relative au champ électrique et au champ magnétique.

Starkstromtechnik : Taschenbuch für Elektrotechniker (La technique des courants intenses : Livre de poche pour les électriciens), par E. von RZHA, ingénieur constructeur à Vienne, et J. SEIDENER, secrétaire général de l'Association électrotechnique de Vienne. 1168 + XXIII pages, avec 602 figures dans le texte. Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin. (Prix de l'Ouvrage : broché, 20 marks ; relié, 21 marks.)

Livre de poche n'est peut-être pas la traduction exacte qui conviendrait pour présenter un tel travail : *Recueil pratique* conviendrait évidemment mieux.

L'énumération des divisions principales fera bien saisir l'importance réelle de la publication dont, croyons-nous, il n'existe actuellement, sous forme semblable, aucun équivalent, tant pour le plan suivi que pour le choix et la quantité des documents.

L'Ouvrage comprend 13 divisions :

- 1° Généralités, système métrique, tables mathématiques, matériaux, élasticité, résistance des matériaux ;
- 2° Lois fondamentales du magnétisme et de l'électricité ;
- 3° Mesures : ici de nombreux schémas illustrent les méthodes exposées et susceptibles d'applications dans l'industrie électrique ;
- 4° Dispositions des stations centrales : étude des stations centrales, choix des dispositions, installation et montage des machines, coût de l'installation et de l'entretien. Sous-stations. Accumulateurs. Couplage des génératrices. Tarification ;
- 5° Installations hydrauliques : constructions diverses s'y rapportant. Turbines, réglage. Aménagements hydrauliques ;
- 6° Machines thermiques. Combustibles, eau, vapeur et foyer, chaudières ; gazogènes. Machines à vapeur alternatives, turbines à vapeur ; machines à combustion ;
- 7° Machines dynamos. Courant continu, courants alternatifs, transformateurs, moteurs ;
- 8° Canalisations ;
- 9° Éclairage ;
- 10° Utilisation des moteurs électriques ; applications diverses à l'industrie ;
- 11° Traction électrique ;
- 12° Electrochimie ;
- 13° Lois et réglementation.

Il faudrait donner un aperçu du détail des matières traitées ; la place nous manquerait pour ne rien oublier. Mais en citant les collaborateurs de MM. Rziha et Seidener qui ont rédigé, chacun en leur spécialité, les divers Chapitres, le lecteur se rendra un compte exact de la valeur de ce *vade mecum* de l'ingénieur électricien.

Rappelons donc les noms de MM. Dr J. Sahulka, Dr H. Schultze, von Rziha, Agthe, Camerer, Lynen, Ossanna, Kallir, J. Herzog, C. Hligner, R. Dub, Riefstahl, Diehl, J. Klaudy, O. Kloss, K. Ritter.

En s'adressant à des spécialistes qualifiés pour chacune des divisions de leur Ouvrage, les organisateurs de la publication ont été heureusement inspirés ; ils ont donné, par là, aux ingénieurs électriciens un instrument précieux. Auteurs et éditeurs en seront certainement récompensés par un succès certain et une renommée qui, sans ajouter à leur valeur, sera une nouvelle consécration des services rendus.

Calcul et construction des appareils de levage, treuils et ponts roulants, par Étienne PACORET, ingénieur des Arts et Métiers. (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*, publiée sous la direction de M. Léauté, membre de l'Institut.)

La première Partie de cet Ouvrage, dont le titre indique suffisamment l'objet bien déterminé, expose les données usuelles de construction des divers organes.

Les calculs, les procédés de construction relatifs aux éléments d'un appareil de levage sont rappelés, avec de nombreux exemples, dans la seconde Partie.

La technique pratique des courants alternatifs, à l'usage des Électriciens et des Ingénieurs, par GIUSEPPE SARTORI, Ingénieur-Professeur d'Électrotechnique à l'Institut royal technique supérieur de Milan, etc. (3^e édition française), traduite de l'italien; revue et corrigée par J.-A. MONTELLIER, Rédacteur en chef de l'*Électricien*. Tome II : *Développements et calculs pratiques relatifs aux phénomènes du courant alternatif*. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs.

Le succès mérité de la traduction française du premier Volume sur les courants alternatifs de M. G. Sartori s'est renouvelé pour le Tome II dont la seconde édition vient de nous être présentée.

Le texte a été revu et complété par un recueil des formules usuelles citées dans l'Ouvrage.

La Vérité scientifique, sa poursuite, par EDMOND BOUTY, Professeur de Physique à la Sorbonne. Bibliothèque de Philosophie scientifique, Ernest Flammarion, éditeur.

Comment s'est formé l'ensemble des connaissances scientifiques? par quels moyens pouvons-nous espérer augmenter l'héritage ainsi constitué? quel est le retentissement d'une découverte particulière sur le progrès général du savoir humain?

Vastes et profondes questions sur lesquelles la maîtrise de l'éminent Professeur pouvait s'exercer en des leçons d'une haute portée historique, philosophique et morale.

Que M. Bouty nous permette de saluer respectueusement son œuvre et de lui présenter le tribut d'un modeste et admiratif hommage.

Sans entrer dans le détail de la Table des Matières où toutes les sciences naturelles sont abordées, signalons que l'Électricité et ses théories y occupent la place importante que méritent ses merveilles.

Notions élémentaires du Calcul différentiel et du Calcul intégral, par JEAN PAULY, Ingénieur civil (2^e édition). Librairie polytechnique, Ch. Béranger, éditeur.

Le titre seul suffit à caractériser l'objet de ce Traité dont la deuxième édition consacre le succès et qu'il peut être intéressant de signaler aux ingénieurs comme aux étudiants.



LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société, tous les jours,
de 3 heures à 6 heures, excepté les dimanches et jours de fêtes,
12, rue de Staël.

France.

- Agendas Dunod pour 1910. — Électricité*, par J.-A. MONTPELLIER. 32^e édition, complètement revue et augmentée. Paris, Dunod et Pinat, 1910, 1 vol. petit in-16, relié peau souple. (*Don des éditeurs.*)
- Électricité (L') dans les mines. Applications diverses. Extraction*, par E.-J. BRUNSWICK. Paris, Gauthier-Villars, 1910, 1 vol. in-8^o, broché. (*Don de l'éditeur.*)
- Encyclopédie électrotechnique. — Fasc. 1. Électrostatique*, par Eug. VIGNERON. — Fasc. 10. *Wattmètres*, par H. ARMAGNAT. — Fasc. 19. *Accumulateurs*, par F. LOPPÉ. — Fasc. 43. *Essais de machines électriques*, par F. LOPPÉ. — Fasc. 53. *Législation de l'électricité*, par M. LABOUREUR. Paris, L. Geisler, 1908-1909; 5 vol. in-8^o, brochés. (*Don de l'éditeur.*)
- Étude complémentaire sur la stabilité du matériel des chemins de fer. Théorie des déraillements. Profil des bandages*, par G. MARIÉ. Paris, Dunod et Pinat, 1909; 1 vol. in-8^o, broché. (*Don de l'auteur.*)
- Lampes (Les) électriques à filament métallique sont-elles pratiques?* par GUSTAVE FLAYELLE. Sans lieu ni date (1909), 1 brochure in-8^o. (*Don de l'auteur.*)
- Oscillations de lacet des véhicules de chemins de fer*, par G. MARIÉ. Paris, Dunod et Pinat, 1909, in-8, broché. (*Don de l'auteur.*)
- Quelques centrales électriques de Grande-Bretagne. Rapport de mission* présenté par M. LAURIOL. Paris, Imprimerie municipale, 1909, 1 brochure in-4^o. (*Don de l'auteur.*)
- Traité complet d'analyse chimique appliquée aux Essais industriels*, par J. POST et B. NEUMANN. 2^e édition française entièrement refondue, traduite par M. PELLET et G. CHENU. — Tome II, 2^e fasc. Paris, A. Hermann et fils, 1910; 1 vol. in-8^o, broché. (*Don des éditeurs.*)
-

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Admission de membres titulaires, p. 66. — De l'influence de la ventilation sur la température de régime des conducteurs nus et isolés (M. **L. Roy**), p. 69. — Appareils de mesure à deux aiguilles, système Ferrié et Carpentier: Fréquencemètres; Ohmmètres (M. **L. Joly**), p. 79. — Sur la loi d'induction (M. **de Baillehache**), p. 89.

CORRESPONDANCE, p. 117.

BIBLIOGRAPHIE, p. 121.

OUVRAGES OFFERTS, p. 124.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 2 février 1910 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. DEVAUX-CHARBONNEL, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8^h40^m du soir et le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque de la Société (*voir* p. 124) et des demandes d'admission suivantes :

⁽¹⁾ La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

- Blain** (Paul-Achille), Dessinateur à la *Compagnie électro-mécanique Brown-Boveri*, 9, rue de la Douane, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Bordé** (Paul-Alphonse), Ingénieur Opticien, 39, boulevard Haussmann, à Paris. — Présenté par MM. Violet et Delaporte.
- Boudineau** (André), Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 59, rue Saint-Antoine, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Bucquet** (Henri), Ingénieur à la *Société « Le Détective »*, 13, rue du Cherche-Midi, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Buisson** (Henri), Professeur à la *Faculté des Sciences de Marseille*, à Marseille (Bouches-du-Rhône). — Présenté par MM. Janet et Ch. Fabry.
- Cohen** (Édouard), Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 45, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Comte** (Pierre), Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 10, rue de la Cerisaie, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Demarquay** (Jean-Marie-Louis), Officier de Marine, 18, avenue Kléber, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Dorlodot** (Jean), Ingénieur civil des Mines, château de Florilfoux, par Floreffe (province de Namur) (Belgique). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Fischamm** (Jacques), Ingénieur des Constructions civiles, 130, rue d'Assas, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Haussadis** (Henri-Louis), Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, à Vaux-sur-Seine (Seine-et-Oise). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Istel** (André), Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 21, avenue Marceau, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Jamin** (Jules-André-Augusto), Licencié ès sciences, 82, boulevard des Batignolles, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Lebrun** (Pierre), Licencié ès sciences, 135, rue de Tolbiac, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Masset** (Jacques), Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 5, rue Geoffroy-Marie, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Melchior** (Maurice-Charles-Paul), Enseigne de Vaisseau, 9, place des Ternes, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Mercier de Sainte-Croix** (Pierre-Charles), Ingénieur chez *Lavie et Cie*, 1, rue de Staël, à Paris. — Présenté par MM. de Beausobre et Boutin.
- Roche-Grandjean** (Léon), Ingénieur-Constructeur, 27, boulevard de la Chapelle, à Paris. — Présenté par MM. E. Sartiaux et Eschwège.
- Sandré** (Henri), Enseigne de Vaisseau, 10, rue des Acacias, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Sarriau** (Jean-René), 4, rue Treillard, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Varney** (Édouard-Marie-Eugène), Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 110, rue Denfert-Rochereau, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de M. *Laval* et en exprime les regrets de la Société.

Des remerciements sont adressés à l'auteur du don suivant pour le Musée d'Électricité :

M. Louis CLERC..... 1 collection d'appareils

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

**DE L'INFLUENCE DE LA VENTILATION SUR LA TEMPÉRATURE DE RÉGIME
DES CONDUCTEURS NUS OU ISOLÉS.**

M. Louis Roy. — « Messieurs, la prédétermination de l'échauffement des différents organes d'un appareil électrique en service est, comme vous savez, un problème du plus haut intérêt. La température de régime en chaque point d'un appareil dépend non seulement de la charge à laquelle il travaille, mais aussi de sa forme, de la nature des surfaces qui le limitent, des courants de ventilation. Ces causes, qui paraissent très difficilement pouvoir être soumises au calcul, expliquent que la prédétermination de la température de régime d'une machine ait toujours paru aux ingénieurs un problème très ardu, et que tous leurs efforts se soient bornés jusqu'ici à rechercher des formules empiriques permettant tant bien que mal de se tirer d'affaire.

» Ces formules, malheureusement, présentent d'assez gros inconvénients; elles ne sont guère valables que pour le type de machines qui a servi à les obtenir. Elles font en outre figurer un certain nombre de constantes, dont la signification physique nous échappe et qui, en réalité, n'en sont pas absolument, puisqu'elles varient dans de très larges limites, quand on passe d'un type de machines à un autre.

» La pratique ne donnant sur cette importante question que des indications assez vagues, j'ai cherché à traiter théoriquement le cas le plus simple, celui où l'appareil se réduit à un conducteur indéfini placé dans un fluide en mouvement, mauvais conducteur de la chaleur et de l'électricité; et c'est ainsi que j'ai reconnu que la solution du problème m'était préparée par des travaux d'Hydrodynamique récents dus à M. Boussinesq.

» Avant d'aborder l'étude du cas particulier que va faire l'objet de cette Communication, je vous demande la permission d'entrer dans quelques considérations d'ensemble sur le problème général.

» Imaginons un corps solide plongé dans un milieu indéfini de température uniforme et qui soit le siège d'un dégagement continu et constant de chaleur. Supposons, pour simplifier, le corps parfait

tement conducteur de la chaleur de façon que la température en ses différents points soit à chaque instant la même. Pour obtenir la température de régime du corps par rapport à celle du milieu ambiant que je prendrai pour zéro, on se contente généralement d'écrire que la quantité de chaleur dégagée par le corps par unité de temps est proportionnelle au produit de la surface du corps par sa température; le coefficient de proportionnalité étant ce que les physiciens appellent le *coefficient de conductibilité extérieure*.

» Cette loi du refroidissement, qui peut être regardée comme suffisamment approchée si le corps rayonne sa chaleur dans le vide et si sa température est peu élevée, dégenère en une approximation grossière si le milieu ambiant a une densité appréciable, comme c'est le cas pour l'air atmosphérique.

» Alors, en effet, les couches d'air en contact avec le corps s'échauffent, des courants de convection prennent naissance, si bien que le coefficient de conductibilité extérieure perd toute sa signification. Pour traiter la question de plus près, il devient indispensable de s'occuper de la façon dont la température se distribue au sein de la masse fluide. Les variations de température donnent lieu à des mouvements ascendants complexes des particules qui transportent de la chaleur vers les parties plus froides. Bref, on se trouve dans l'obligation, pour déterminer la température de régime du corps, d'écrire également les équations de température du fluide et celles de son mouvement.

» Notre solide, siège d'un dégagement constant de chaleur, est plongé dans un fluide pesant illimité, animé d'un mouvement de translation uniforme dont la vitesse V peut en particulier être nulle. Par suite de la perturbation qu'il apporte dans le régime hydrodynamique, la vitesse du fluide ne peut être égale à V qu'en des régions très éloignées du solide. C'est la température de ces régions qui est prise pour zéro.

» Les éléments qu'il est indispensable de considérer pour mettre le problème en équations sont, outre la température du corps, celle du fluide en ses différents points, les trois composantes de la vitesse et la pression.

» Pour déterminer ces six fonctions inconnues, on a deux équations indéfinies de la température, l'une appliquée au corps, l'autre

au fluide, l'équation de continuité et les trois équations d'Euler. Il faut y ajouter les équations aux limites : les conditions à l'infini qui expriment que très loin du corps l'influence de celui-ci sur l'état du fluide est insensible, la condition à la surface du corps qui exprime que la vitesse des molécules fluides lui est tangente, enfin deux conditions de raccordement exprimant que, de part et d'autre de la surface séparative, les températures et les flux calorifiques sont les mêmes dans le corps et dans le fluide.

» Malheureusement, ce problème n'échappe pas à la loi commune à laquelle obéissent les problèmes généraux de la Physique mathématique : il présente les plus grandes difficultés, surtout s'il s'agit d'une atmosphère en repos ($V = 0$) ou animée d'une vitesse de translation très faible.

» Par contre, d'importantes simplifications se produisent dans les équations si la vitesse V est assez grande pour que le régime hydrodynamique dans le voisinage du corps ne soit pas sensiblement modifié par l'échauffement de celui-ci. Dans ces conditions la température disparaît des équations de mouvement, et, ce mouvement une fois déterminé, l'équation indéfinie de la température du fluide devient linéaire. On peut alors en espérer l'intégration, du moins lorsque le corps a une forme géométrique simple.

» Dans son *Mémoire Sur le pouvoir refroidissant des courants fluides*, publié en 1905 dans le *Journal de Mathématiques pures et appliquées* (6^e série, t. I), M. Boussinesq a traité complètement le problème dans le cas où le corps immergé est soit une lame mince, soit un cylindre, soit un corps de révolution placés dans des conditions déterminées par rapport à la vitesse du courant. Ces formes géométriques simples sont évidemment très éloignées de celles des appareils électriques industriels, mais les résultats obtenus pour le cylindre vont heureusement s'appliquer aux conducteurs aériens ou immergés dans un liquide.

» Un des résultats essentiels de l'analyse de M. Boussinesq est qu'au point de vue de la dissémination de la chaleur du corps dans le fluide ambiant, tout se passe comme si le corps rayonnait sa chaleur dans le vide avec un coefficient de conductibilité extérieure proportionnel à la racine de la vitesse V de ventilation et en raison inverse de la racine carrée du trajet des filets fluides sur le corps. Le

coefficient de proportionnalité varie avec la forme du corps et M. Boussinesq en a donné l'expression dans les cas simples énoncés précédemment. Ces résultats supposent seulement que le fluide est mauvais conducteur de la chaleur, ce qui est toujours réalisé dans nos applications, et que la surface extérieure du corps rayonnant est isotherme.

» En particulier, dans le cas d'un cylindre circulaire indéfini dont les génératrices sont perpendiculaires à la vitesse V du courant fluide, le coefficient de conductibilité extérieure fictif k a pour expression

$$(1) \quad k = \frac{4}{\pi} \sqrt{\frac{KCV}{\pi r}},$$

formule dans laquelle r désigne le rayon du cylindre, K le coefficient de conductibilité interne du fluide ambiant, et C la capacité calorifique par unité de volume et à pression constante du fluide.

» En vue des applications numériques ultérieures, donnons tout de suite, pour l'air atmosphérique, les valeurs de K et de C . K varie très peu avec la température t suivant la loi

$$K = K_0(1 + 0,00277 t).$$

» Kundt et Warburg ont trouvé expérimentalement pour K_0 dans le système C. G. S. petite calorie degré centigrade, le nombre $4,8 \cdot 10^{-5}$ et Winkelmann le nombre $5,2 \cdot 10^{-5}$. Nous prendrons donc

$$K = 5 \cdot 10^{-5}.$$

» A la pression atmosphérique, C varie avec la température suivant la loi

$$C = 0,237 \frac{0,001293}{1 + \alpha t},$$

α étant le coefficient de dilatation des gaz qui vaut 0,00366. A 15° on trouve pour C

$$C = 2,91 \cdot 10^{-5}$$

dans le même système d'unités.

» Les différentes quantités qui figurent dans l'expression de k ont donc l'avantage d'avoir une signification physique parfaitement nette.

» Ces préliminaires étant posés, faisons l'application de la for-

mule (1) au cas d'un conducteur nu, puis à celui d'un conducteur isolé.

» *Conducteur nu.* — Soient :

u_0 la température de régime du conducteur comptée comme il a été dit; la substance qui constitue celui-ci étant bonne conductrice de la chaleur et le rayon ne dépassant pas pratiquement 1 cm ou 2 cm, on peut considérer u_0 comme constant dans toute l'étendue de la section du conducteur;

I l'intensité en ampères du courant continu, ou l'intensité efficace s'il s'agit du courant alternatif;

ρ_0 la résistivité en ohms de la substance à 0°;

β le coefficient de variation de la résistivité avec la température, coefficient qui vaut 0,004 pour le cuivre;

r le rayon du cylindre conducteur.

» D'après ce qui a été dit au sujet de k , on doit avoir, si le régime est établi,

$$(2) \quad 0,24 I^2 \rho_0 (1 + \beta u_0) \frac{1}{\pi r^2} = 2 \pi r k u_0.$$

» En remplaçant k par sa valeur dans cette équation, on obtient

$$(3) \quad 8 u_0 \sqrt{\pi k C V r^3} = \rho_0 (1 + \beta u_0) I^2 0,34;$$

cette formule fait connaître la température de régime du conducteur pour chaque valeur de I et de V .

» La formule (2), où k est traité comme une constante, se trouve dans la plupart des Ouvrages. On en conclut qu'à température constante, le rayon d'un conducteur doit varier comme la puissance $\frac{2}{3}$ de l'intensité; d'après la formule (3) on voit qu'il doit varier comme la puissance $\frac{2}{3}$ de cette intensité.

» Supposons la charge du câble constante et imaginons que la vitesse de ventilation vienne à varier très peu. On déduit de la formule (3), en négligeant βu_0 vis-à-vis de l'unité, ce qui est une approximation bien suffisante,

$$\frac{du_0}{u_0} = - \frac{1}{2} \frac{dV}{V}.$$

ce qui exprime que si, par exemple, la vitesse du vent augmente de 10 pour 100, la température baissera de 5 pour 100.

» Comme application de la formule (3), supposons qu'on ait, ce qui correspond à une brise légère, $V = 200 \text{ cm/s}$, $I = 300$, $\varphi = 2 \cdot 10^{-6}$, $r = 0,5 \text{ cm}$. La densité du courant est, dans ces conditions, de 3,82 ampères par millimètre carré; en négligeant, toujours pour simplifier, βu_0 , on trouve

$$u_0 = 10^2, 1.$$

» *Conducteur isolé.* — Je suppose l'isolant homogène et constitué par une gaine concentrique au conducteur de rayon extérieur R . Je conserve les notations de tout à l'heure avec cette différence que je remplace u_0 par u'_0 . Soit K , le coefficient de conductibilité thermique de la substance isolante; nous nous proposons de déterminer u'_0 .

» La surface intérieure de l'isolant qui est en contact avec le conducteur est isotherme; supposons qu'il en soit de même de la surface extérieure, ce qui aura sensiblement lieu si l'épaisseur de la couche isolante n'est pas trop grande. Dans ces conditions, l'usage d'un coefficient de conductibilité extérieure fictif est légitime et l'on a

$$k = \frac{4}{\pi} \sqrt{\frac{KCV}{\pi R}}.$$

» Par raison de symétrie, la température u en un point M de l'isolant ne dépend que de la distance $OM = x$ de ce point au centre O , comptée suivant le rayon qui passe par ce point; les surfaces isothermes sont donc des cylindres concentriques. Soit F le flux de chaleur au point M , compté en sens inverse de l'axe Ox ; on a

$$F = K_1 \frac{du}{dx},$$

et l'équation indéfinie, qui exprime que la même quantité de chaleur traverse chaque surface isotherme, s'écrit

$$F + x \frac{dF}{dx} = 0.$$

» On en déduit par intégration

$$(4) \quad F = \frac{A}{x},$$

A désignant une constante arbitraire. Soit Q la quantité de chaleur qui apparaît par seconde dans chaque unité de longueur du câble, c'est-à-dire

$$Q = 0,24 \varphi_0 (1 + \beta u'_0) \frac{1}{\pi r^2} F^2.$$

» Pour $x = r$, on a les deux conditions de raccordement

$$u = u'_0, \quad 2\pi r F + Q = 0;$$

la deuxième donne, en tenant compte de l'expression de F ,

$$A = -\frac{Q}{2\pi}.$$

» L'équation (4) devient ainsi

$$\frac{Q}{2\pi} \frac{1}{x} + K_1 \frac{du}{dx} = 0.$$

» Soit u_R la température de la surface extérieure de l'isolant; en intégrant entre les limites r et R , on obtient

$$\frac{Q}{2\pi K_1} \text{Log}_e \frac{R}{r} + u_R - u'_0 = 0,$$

et, comme pour $x = R$ on a la condition de raccordement

$$F = k u_R = 0,$$

on en déduit, d'après (4),

$$u_R = \frac{Q}{2\pi k R},$$

ce qui nous donne en définitive pour la température cherchée

$$(5) \quad u_0 = \frac{Q}{2\pi} \left(\frac{1}{K_1} \text{Log}_e \frac{R}{r} + \frac{1}{kR} \right) = \frac{Q}{2\pi} \left(\frac{1}{K_1} \text{Log}_e \frac{R}{r} + \frac{1}{4} \sqrt{\frac{\pi^2}{KCTR}} \right).$$

» Cette formule (5), où l'on peut encore regarder Q comme indépendant de u'_0 , va nous conduire à quelques remarques intéressantes. Remarquons d'abord qu'elle se réduit bien à (3) si $R = r$.

» Si V croît au delà de toute limite, u'_0 tend vers la valeur

$$\frac{Q}{2\pi K_1} \text{Log}_e \frac{R}{r},$$

qui n'est pas nulle, tandis que dans les mêmes conditions la formule (3) montre que u_0 tend vers zéro.

» Étudions comment varie la température de l'âme du câble quand on fait varier l'épaisseur de l'isolant, tous les autres éléments restant fixes. En prenant le dérivé de u'_0 , on obtient

$$\frac{du'_0}{dR} = \frac{Q}{2\pi R} \left(\frac{1}{K_1} - \frac{1}{8} \sqrt{\frac{\pi^3}{KCVr}} \right).$$

» Tout d'abord, pour $R=r$, le conducteur est nu et la formule (5) donne $u'_0 = u_0$. Deux cas maintenant sont à distinguer :

$$1^{\circ} \quad \frac{1}{K_1} - \frac{1}{8} \sqrt{\frac{\pi^3}{KCVr}} > 0 \quad \text{ou bien} \quad V > \frac{\pi^3 K_1^2}{64 K C r}.$$

Dans ces conditions, la dérivée de u'_0 est toujours positive et u'_0 augmente constamment avec R ; nous arrivons donc à cette conclusion que si la vitesse du courant de ventilation est assez grande, ou encore si, pour une vitesse donnée, le diamètre du conducteur est supérieur à une certaine limite, la température de l'âme du câble est d'autant plus élevée que l'épaisseur d'isolant est plus grande.

$$2^{\circ} \quad \frac{1}{K_1} - \frac{1}{8} \sqrt{\frac{\pi^3}{KCVr}} < 0 \quad \text{ou bien} \quad V < \frac{\pi^3 K_1^2}{64 K C r}.$$

Si cette condition est remplie, u'_0 commence par décroître quand R croît, passe par un minimum pour une épaisseur d'isolant définie par

$$(6) \quad R = \frac{\pi^3 K_1^2}{64 K C V},$$

puis croît indéfiniment. Un conducteur isolé peut donc, si le courant de ventilation est assez faible ou si la section de l'âme du câble est assez petite, moins chauffer que s'il était nu. Il existe alors une épaisseur d'isolant pour laquelle la température du conducteur est la même que s'il était nu. Cette épaisseur est déterminée par l'équation

$$u'_0 = u_0,$$

qui s'écrit plus explicitement, en observant que

$$(7) \quad u_0 = \frac{Q}{8} \sqrt{\frac{\pi}{KCVr}},$$

$$\frac{1}{K_1} \text{Log}_e \frac{R}{r} + \frac{1}{4} \sqrt{\frac{\pi^3}{KCVr}} = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{\pi^3}{KCVr}}.$$

» Cette équation, qui détermine R , est facile à résoudre graphiquement. En tenant compte de la valeur (6) de R dans l'égalité (5), on trouve comme expression du minimum de température

$$u_{\min.} = \frac{Q}{2\pi K_1} \left(\text{Log}_e \frac{\pi^3 K_1^2}{64 K C V r} + 2 \right).$$

» Comparons-le à la température du conducteur nu donnée par la formule (7); on a immédiatement

$$(8) \quad \frac{u_{\min.}}{u_0} = 4 \sqrt{\frac{K C V r}{\pi^3 K_1^2}} \left(\text{Log}_e \frac{\pi^3 K_1^2}{64 K C V r} + 2 \right).$$

» Il est facile de voir que ce rapport est le plus petit possible pour les plus faibles valeurs de V , compatibles avec les hypothèses qui légitiment l'emploi du coefficient de conductibilité extérieure fictif, ainsi que pour les plus petites valeurs de r . Ce rapport est indépendant de la charge du conducteur et d'autant plus petit que K_1 est plus grand, c'est-à-dire que l'isolant est meilleur conducteur de la chaleur.

» Ces résultats, d'apparence paradoxale, méritaient assurément d'être signalés; mais une question se pose : peut-on pratiquement se trouver dans l'un et l'autre des deux cas envisagés précédemment? Il suffit de faire une application numérique pour constater que la chose est possible. Prenons, par exemple, le conducteur de tout à l'heure d'un centimètre de diamètre ($r = 0,5$), ce qui correspond déjà à une section assez notable, et entourons-le d'un isolant solide, tel que la porcelaine, pour laquelle on a environ

$$K_1 = 4 \cdot 10^{-3}.$$

» Avec les données

$$K = 5 \cdot 10^{-5}, \quad C = 2,91 \cdot 10^{-4},$$

fournies antérieurement pour l'air atmosphérique, on voit qu'on sera dans le cas qui nous occupe si

$$V < \frac{\pi^3 K_1^2}{64 K C r} = 1070^{\text{cm}}.$$

nombre qui correspond à un vent très frais; une vitesse du vent inférieure à celle-là peut donc être regardée comme encore compatible avec nos hypothèses.

» Pour avoir une idée de l'abaissement de température qu'une gaine isolante peut produire, faisons le calcul du rapport (8) avec les données numériques qui précèdent et en prenant

$$V = 100,$$

ce qui correspond à un courant d'air à peine sensible. On trouve

$$\frac{u_{\min.}}{u_0} = 0,67;$$

le rayon correspondant de la gaine isolante est fourni par la formule (6), qui donne

$$R = 5,35 \text{ cm.}$$

» L'abaissement de température produit par l'existence de l'isolant peut donc être très notable, puisque dans notre exemple il atteint 33 pour 100.

» Dans la pratique, pour s'assurer que l'échauffement d'un organe d'une machine, dont on étudie le projet, ne sera pas exagéré, il arrive souvent qu'on forme le rapport de la surface extérieure de l'organe considéré au nombre de watts qui y prennent naissance et qu'il s'agit d'évacuer. Dans le cas présent, il est donc intéressant de voir comment, pour chaque température de l'âme du câble, ce nombre de centimètres carrés par watt varie avec l'épaisseur de l'isolant, le diamètre du conducteur ou la vitesse du courant de ventilation; son expression est, d'après la formule (5),

$$\frac{\frac{2\pi R}{Q}}{\frac{0,24}{0,24}} = \frac{0,24 R}{u_0} \left(\frac{1}{K_1} \text{Log}_e \frac{R}{r} + \frac{1}{4} \sqrt{\frac{\pi^2}{K C V R}} \right),$$

et se prête très facilement au calcul numérique avec les données qui ont été fournies.

» Je remarquerai simplement, pour terminer, que c'est une fonction de R constamment croissante. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Roy d'avoir bien voulu traiter cette question scientifique dont il serait très intéressant de soumettre à une vérification expérimentale les conséquences mathématiques qu'il en a tirées.

**APPAREILS A DEUX AIGUILLES. SYSTÈME FERRIÉ ET CARPENTIER.
FRÉQUENCÉMÈTRES. OHMMÈTRES.**

M. L. JOLY. — « Messieurs, l'Académie des Sciences, dans une de ses dernières séances, a reçu de M. Carpentier communication d'un nouveau système d'appareils de mesure dont le principe nous a été indiqué par le commandant Ferrié.

» Ce principe est le suivant :

» Considérons une grandeur A fonction de deux autres B et C susceptibles d'être mesurées par la déviation d'une aiguille.

» Réunissons dans un même appareil les deux équipages munis d'aiguilles qui mesurent B et C de telle façon qu'en déviant les deux aiguilles se croisent devant un cadran, et utilisons le point de croisement des deux aiguilles pour faire une lecture. Si l'on a préalablement tracé sur le cadran un réseau de courbes correspondant à des valeurs déterminées et graduées de A lorsque B et C varient, ce réseau permettra de lire directement la valeur de A donnée par le point de croisement des aiguilles, aussi facilement qu'on fait une lecture sur une échelle ordinaire d'ampèremètre.

» B et C pouvant représenter toutes sortes de grandeurs, électriques ou non, pourvu qu'elles se mesurent par la déviation d'une aiguille, et A étant une fonction quelconque de ces deux grandeurs, on voit que ce principe est susceptible de bien des applications intéressantes. Je n'en veux retenir ce soir que deux, qui sont les mesures de fréquence et de résistance, pour lesquelles nous avons étudié et mis au point divers modèles d'appareils.

» Les fréquencemètres ou ondemètres qui vous sont présentés mesurent des fréquences variées à des échelles diverses, mais ils ont tous le même schéma. Deux circuits sont alimentés en dérivation par la source dont on étudie la fréquence ; l'un comprend une résistance sans self-induction R_1 et un ampèremètre à courant alternatif convenable A_1 , l'autre une self-induction L_2 et un ampèremètre A_2 semblable au premier (*fig. 1*).

» Les deux ampèremètres sont disposés de telle façon qu'on peut utiliser pour la mesure le point de croisement de leurs aiguilles.

Un réseau de courbes de fréquence est tracé sur le cadran de l'appareil. Il est facile de voir que nous nous trouvons bien dans le

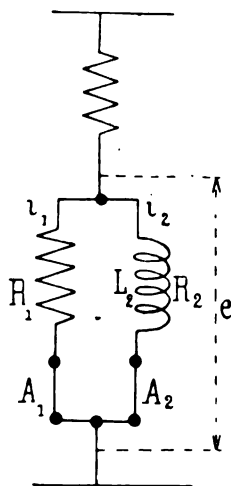


Fig. 1. — Schéma des fréquencesmètres et ondemètres.

cas général, précédemment indiqué, d'une fonction A de deux variables B et C mesurables par la déviation d'une aiguille.

» Soient, en effet, e la tension efficace aux bornes des circuits dérivés; i_1 l'intensité efficace dans le premier circuit; i_2 l'intensité efficace dans le second. Soient R_1 la résistance ohmique du premier circuit dont la self-induction est négligeable, R_2 la résistance presque négligeable du deuxième circuit, et L_2 le coefficient de la self-induction qui est établie de façon que ce coefficient reste constant quand e varie.

» On a

$$e = R_1 i_1 = i_2 \sqrt{R_2^2 + L_2^2 \omega^2}$$

ou

$$\frac{i_1}{i_2} = f(\omega) \quad \text{et} \quad \omega = F(i_1, i_2).$$

» Il est donc possible de tracer sur le cadran des courbes de fréquence qui sont parcourues par le point de croisement des aiguilles qui mesurent i_1 et i_2 quand e varie.

» Si l'on néglige R_2 qui est petit devant L_2 , on voit que la relation simplifiée se présente sous la forme

$$\omega = \frac{R_1}{L_2} \frac{i_1}{i_2} = K \frac{i_1}{i_2};$$

ω est ainsi sensiblement proportionnel au rapport des deux courants. Cette forme de relation particulièrement simple donne lieu à un faisceau de courbes en éventail d'une lecture facile et que nous retrouverons dans le cas des ohmmètres.

» Comme ampèremètres à courant alternatif, ce sont des milliampèremètres thermiques qui ont été rassemblés dans l'appareil qui est sous vos yeux.

» Ces appareils ont en effet l'avantage de donner des indications aussi exactes en courant continu qu'en courant alternatif. D'autre part, la self L_2 est sensiblement constante, étant constituée par deux bobines parallèles, à noyau droit, formant système astatique.

» Il en résulte que l'étalonnage du fréquencemètre peut se faire en courant continu en remplaçant $L_2\omega$ par la résistance équivalente.

» L'expérience nous a montré que cette façon de procéder était parfaitement correcte; elle est en outre particulièrement simple.

» Parmi les divers modèles de fréquencemètres, les uns sont à échelle étendue (par exemple de 20 à 70 $\sim$): ce résultat s'obtient en superposant les deux aiguilles dans leur position de zéro (*fig. 2*).

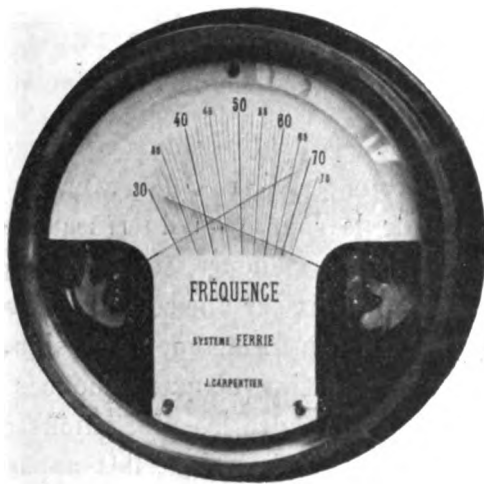


Fig. 2.

Les autres sont à échelle restreinte, mais amplifiée (par exemple de 38 à 51 $\sim$ pour la fréquence 42). Dans ce cas, les appareils ont leur zéro le plus bas possible: on pourrait aussi utiliser les procédés ordinaires de butée au zéro pour obtenir le même résultat.

» Une deuxième mesure intéressante peut être donnée en même temps que la fréquence par ces divers appareils : c'est celle de la tension.

» Si l'on réunit, en effet, par des courbes de couleur différente, pour bien les distinguer, les points des courbes de fréquence qui correspondent au même voltage, on obtient un réseau de courbes de tension qui forme avec le premier un quadrillage très lisible. Vous en voyez l'exemple sur cet appareil, spécialement

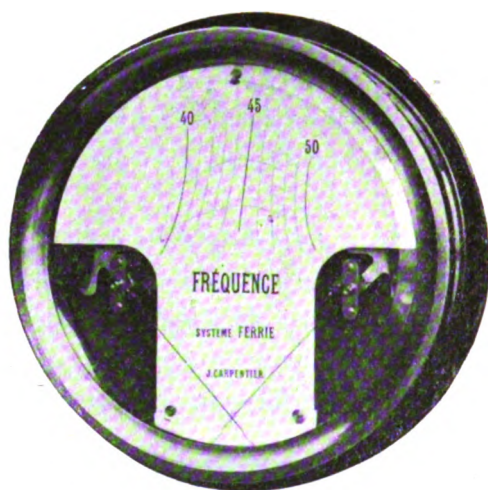


Fig. 3.

établi pour les secteurs, et qui utilise tout son cadran dans les limites suivantes : 105-115 volts et 38-51 $\sim$ (fig. 3). Il va sans dire que, suivant la tension de la source ou du réseau, les deux circuits dérivés, dont j'ai parlé tout à l'heure, sont complétés par une résistance additionnelle ou mieux par une self. Pour les hautes tensions il faudrait recourir à un transformateur de tension.

» Au-dessus de 100 $\sim$, jusqu'aux fréquences des ondes hertziennes, il convient de prendre les précautions en usage dans la haute fréquence pour l'établissement des appareils. On a soin d'éviter le fer, les courants de Foucault, les capacités gênantes, etc. C'est ainsi qu'on obtient un ondemètre semblable à celui que vous voyez ici et que le commandant Ferrié vous a présenté à la dernière réunion mensuelle. Cet appareil est gradué en longueurs d'onde de 300^m à 1800^m.

» On peut noter, à propos de cet appareil, un détail de construction intéressant. Pour éviter les erreurs de parallaxe dans les lectures, les aiguilles ne se présentent pas seulement sous forme de couteaux, comme dans les autres appareils. Ce sont des fils fins tendus, très rapprochés, et que supportent des aiguilles d'aluminium disposées en dessous du cadran.

» J'en arrive maintenant aux appareils destinés aux mesures des résistances. Divers types d'ohmmètres ont été réalisés : je vous présenterai d'abord le plus général, celui dont l'échelle est la plus étendue et qui présente à cet égard des qualités tout à fait remarquables.

» En principe, la mesure d'une résistance peut se faire au moyen de deux appareils : l'un ampèremètre et l'autre voltmètre, mesurant, le premier, le courant qui traverse la résistance, et le deuxième, la différence de potentiel aux bornes de cette résistance. On a dans ces conditions $R = \frac{E}{I}$, et nous nous trouvons là encore dans le cas général précédemment indiqué : R est fonction de E et de I mesurables par la déviation d'une aiguille. On réunira donc dans un même appareil un voltmètre et un ampèremètre, et l'on utilisera le point de croisement de leurs aiguilles pour mesurer la résistance.

» Jusqu'ici le problème est très simple : il se complique lorsqu'on cherche à étendre les limites de mesure de l'appareil et à éviter les causes d'erreur ou les corrections. Ces corrections, vous les apercevez de suite. Ou bien le voltmètre sera disposé aux bornes d'un circuit comprenant en série la résistance et l'ampèremètre, ce dernier n'ayant pas toujours une résistance propre négligeable ; ou

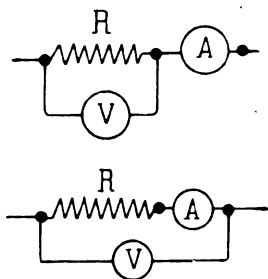


Fig. 4. — Les deux schémas usités pour la mesure des résistances.

bien le voltmètre sera branché directement aux bornes de la résistance, auquel cas l'ampèremètre mesurera par surcroît le courant

qui le traverse, ce courant n'étant pas toujours négligeable (*fig. 4*).

» Nous avons donc cherché à réaliser un appareil dans lequel la cause d'erreur inévitable puisse être dans tous les cas négligeable.

» L'ohmmètre doit mesurer les isolements, et il est intéressant d'étendre de ce côté, autant que possible, la sensibilité de l'appareil; on est donc conduit à prendre un milliampèremètre très sensible, quoique portatif. Celui qui est employé dans le présent appareil est un galvanomètre à pivots aussi robuste qu'un voltmètre ordinaire

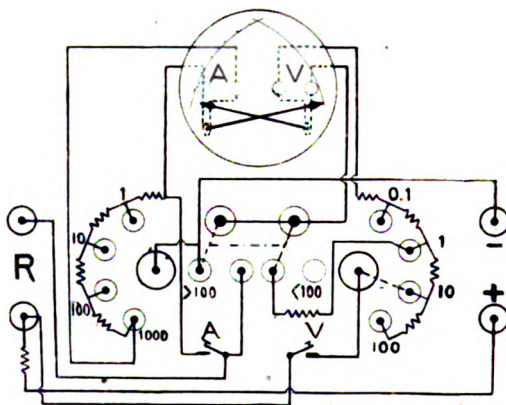


Fig. 5.

à cadre mobile et qui donne toute sa déviation pour 0,3 milliampère environ. Il est shunté par un shunt universel (*fig. 5*) de manière à présenter les sensibilités suivantes : 0,4-4-40-400 milliampères pour toute l'échelle, suivant la position de la manette de gauche. Dans le cas de la sensibilité maximum (0,4 milliampère) on voit que chaque division représente 10 microampères, c'est-à-dire le courant que peut donner une magnéto de 500 volts sur une résistance de 50 mégohms; nous pouvons donc, grâce à cet appareil, mesurer des isolements de cet ordre.

» Pour toutes les résistances élevées, j'entends par là supérieures à 100 ohms, la mesure s'opère ainsi en négligeant la résistance de l'ampèremètre (1,5 ohm devant 100 ohms, dans le cas le plus défavorable) et en connectant le voltmètre aux bornes de l'ensemble formé par la résistance à mesurer et l'ampèremètre en série.

» Au-dessous de 100 ohms, la résistance de l'ampèremètre introduirait une erreur de plus en plus importante, dont on pourrait

tenir compte, il est vrai, mais dont il est plus simple de se débarrasser en poussant un commutateur.

» Cette opération fait passer le voltmètre aux bornes de la résistance elle-même. Mais alors l'ampèremètre mesure la somme des courants passant dans la résistance et dans le voltmètre, et nous voici conduits, pour n'avoir pas à faire de corrections en pratique, à faire appel à un courant total, de plusieurs centièmes d'ampère, et à recourir à un voltmètre de consommation minimum.

» Le voltmètre employé présente les sensibilités 0,5, 5, 50 et 500 volts. Il donne toute sa déviation, lui aussi, pour 0,3 milliampère et présente donc une résistance supérieure à 3000 ohms par volt. Dans ces conditions, il est aussi robuste que le milliampèremètre.

» Il va sans dire que, puisque sa consommation ne pourrait être gênante qu'une fois le commutateur poussé, c'est-à-dire, dans le cas des résistances inférieures à 100 ohms et mesurables à basse tension, on profite du mouvement inverse du commutateur lorsqu'on passe aux résistances et aux tensions élevées pour shunter l'appareil et ramener sa résistance à 100 ohms par volt. Les bobines de résistance pour 500 volts sont moins longues à construire dans ces conditions.

» Un verrouillage s'oppose à ce qu'on puisse disposer la manette de droite sur les plots 100 et 10 tant que le commutateur n'est pas à la position > 100 , c'est-à-dire tant que le voltmètre n'est pas shunté.

» Dans le cas des résistances faibles, il n'est pas non plus nécessaire de recourir à une magnéto, quoique celle-ci convienne encore parfaitement; un ou deux accumulateurs peuvent très bien suffire.

» Nous avons vu que le milliampèremètre était prévu pour un courant maximum de 0,4 ampère. C'est pourquoi une résistance de protection d'une dizaine d'ohms limite au-dessous de cette valeur le courant que peuvent donner dans la résistance à mesurer deux éléments d'accumulateurs, au cas où l'on emploierait cette solution.

» Si nous cherchons maintenant quelle peut être la valeur minima d'une résistance mesurable avec l'appareil, comme nous

avons cherché tout à l'heure l'isolement maximum de 50 mégohms, nous voyons qu'une division du voltmètre à la sensibilité 0,5 volt correspond à 0,01 volt, ce qui, pour un courant de 0,5 ampère, correspond à une résistance de 0^m,02.

» De 0,02 ohm à 50 mégohms, voilà pour un seul appareil une

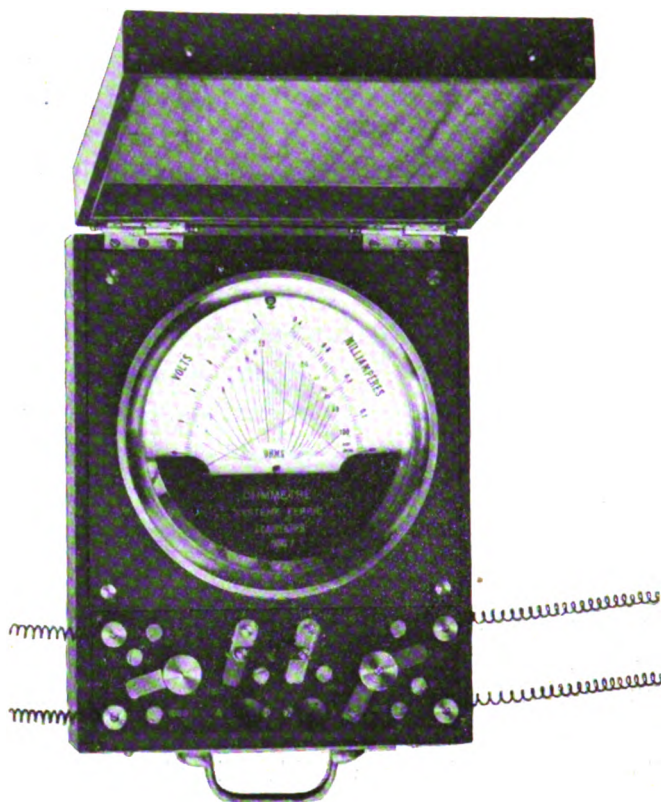


Fig. 6.

échelle remarquable; vous m'excuserez, à la faveur de ce résultat, de vous avoir donné tant d'explications. Quant à l'appareil, vous voyez qu'il n'est ni encombrant ni délicat.

» D'ailleurs, par surcroît de précautions, une suspension élastique isole les galvanomètres dans la boîte de transport et permet de transporter l'appareil sans plus de danger que les ohmmètres les plus robustes.

» J'ai oublié de vous dire, mais vous l'avez bien pensé, que cet appareil multiple n'est pas seulement un ohmmètre : c'est aussi un

voltmètre et un milliampèremètre. Deux échelles linéaires en volts et milliampères permettent d'effectuer les mesures correspondantes avec les sensibilités que je vous ai précédemment indiquées.

» Pour les mesures de volts, on connecte les fils aux bornes



Fig. 7.

+ et —, et l'on obtient, au moyen des 4 plots de la manette de droite, les sensibilités 500 volts, 50 volts, 5 volts et 0,5 volt, ces deux dernières avec 3000 ohms de résistance par volt.

» Pour les mesures de milliampères, on connecte les fils à la borne — et à la borne *R* symétrique, et l'on obtient, au moyen des 4 plots de la manette de gauche, les sensibilités 100, 40, 4 et 0,4 milliampères.

» Pour finir, laissez-moi vous dire deux mots d'un type d'ohmmètre, basé toujours sur le même principe, mais visant des applications moins étendues. Il s'agit d'un ohmmètre pour la télégraphie de campagne, permettant de mesurer les résistances de 20 à 2500 ohms, en se servant des piles à 4 volts et à 20 volts généralement usitées.

» Cet appareil offre cette particularité qu'il permet en même temps de vérifier la source qu'il emploie et de mesurer la résistance intérieure de ces piles. Passé la ligne 100, les piles sont mauvaises; au-dessous, elles sont bonnes.

» Ajoutez que l'appareil constitue en même temps un voltmètre de 4 et 20 volts et un milliampèremètre de 0 à 40 milliampères.

» Le commandant Ferrié, qui a fait établir ce modèle spécialement pour les télégraphistes, estime qu'il répond aux besoins courants et qu'il est appelé à rendre quelques services.

» Messieurs, permettez-moi en terminant, de vous remercier de l'attention que vous avez bien voulu me prêter.

» Ceux d'entre vous qui s'intéressent à ces divers appareils pourront les voir en fonctionnement à la fin de la séance. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Joly pour la présentation de ces appareils et la clarté de son exposé, et félicite M. Carpentier de la façon heureuse dont il a réalisé l'idée de M. Ferrié.

SUR LA LOI DE L'INDUCTION.

M. DE BAILLEHACHE. — « La loi de l'induction, bien qu'on s'en serve journellement en électrotechnique, donne lieu à un certain nombre d'interprétations inexactes ; les idées de Hertz permettent de restituer à la loi de l'induction son véritable caractère. Je m'appuierai, pour cet exposé, sur d'importants Mémoires de M. F. Emde ⁽¹⁾ qui a montré, à propos de diverses questions d'ordre technique, tout l'intérêt qu'il y a pour l'ingénieur d'étudier les théories physiques modernes.

» Le 24 novembre 1831, Faraday faisait connaître, dans les *Philosophical Transactions*, sa découverte des phénomènes de l'induction, et trois ans plus tard Lenz formulait, dans les *Annales de Poggendorff* ⁽²⁾, sa loi bien connue. Mais la loi générale de l'induction n'a été établie que vers 1877 à la fois par Helmholtz et par sir W. Thomson.

I. — PREMIÈRE FORME DE LA LOI DE L'INDUCTION.

» Si l'on applique la deuxième loi de Kirchhoff à un réseau de conducteurs dérivés, on a pour chaque circuit fermé

$$\sum \pm (r_v i_v - E_v) = 0,$$

r_v , i_v étant la résistance et le courant dans la v^e branche, E_v la f. e. m. des systèmes réversibles dans cette même branche. Le cercle en indice sous $\sum$ signifie qu'on doit continuer d'ajouter algébriquement les binômes $(r_v i_v - E_v)$, en tenant compte des conventions de signes, jusqu'à ce qu'on soit revenu au point de départ. Appelons *tension cyclique* ⁽³⁾ la chute de tension ohmique le long

⁽¹⁾ Fritz EMDE, *Das Induktionsgesetz* (*Elektrotechnik und Maschinenbau*, Heft 46, 47, 49, 51, Bd. XXVI, 1908). — *Zum Induktionsgesetz* (*E. u. M.*, Heft 34, 1909).

⁽²⁾ *Pogg. Ann.*, t. XXXI, 1834, p. 483.

⁽³⁾ En allemand *Umlaufspannung*. Le nom de *tension circulaire* évoquerait peut-être mieux l'idée de *circulation*, mais il est un peu lourd.

d'un conducteur fermé ; la deuxième loi de Kirchhoff peut s'exprimer en disant :

» *La tension cyclique est nulle.* — Cette proposition montre que la superposition de plusieurs états d'équilibre constitue un état d'équilibre.

» Mais si le contour du réseau embrasse Φ lignes d'induction et si t indique le temps, on a bien plutôt

$$\sum (r_v i_v - E_v) = - \frac{d\Phi}{dt}.$$

» C'est cette égalité qu'on appelle *la loi générale de l'induction*.

» *La tension cyclique est égale au taux de la variation du flux d'induction dans le temps.* — Le signe — provient de ce que nous convenons de relier le sens de la rotation (sens géométrique de circulation du courant) au sens de la pénétration (direction des lignes de force magnétiques), de la même manière que dans un tire-bouchon.

» Dès que le champ magnétique subit une modification dans le temps, du courant peut circuler dans le contour fermé, même si dans aucune branche il n'existe de f. e. m. E_v . Quand l'intensité est nulle dans un conducteur, sa résistance n'intervient pas ; donc, on ne change pas les intensités des autres conducteurs en altérant la résistance du conducteur en question, que celui-ci contienne ou non des f. e. m. ; couper le conducteur revient à faire infinie sa résistance.

» Supposons que $\sum E_v = 0$; la loi de l'induction prend la forme simple

$$(1) \quad \sum r_v i_v = - \frac{d\Phi}{dt}.$$

» La quantité $\left(-\frac{d\Phi}{dt}\right)$ est indépendante alors du courant qui circulerait dans le réseau par suite de sources d'électricité voltaïques ou thermiques.

» D'où provient l'énergie mise en jeu ?

» Le principe de la conservation de l'énergie, dit M. H. Bouasse ⁽¹⁾, ne nous apprend rien à cet égard; il pourrait y avoir refroidissement du circuit, modification des aimants qui produisent le champ, modification du milieu où existe le champ lui-même, etc. L'expérience prouve et l'on sait, depuis Faraday et Helmholtz, qu'il faut chercher toute l'énergie équivalente au travail dans les effets d'une f. e. m., dite d'*induction*, qui se produit le long du circuit sur lequel agissent les f. e. m.

» M. Bouasse ajoute « qu'aucun raisonnement ne le peut faire prévoir » (qu'il en soit ainsi), et il précise la valeur absolue « de la f. e. m. vraie » à chaque instant par l'expression $10^{-8} \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, Δt étant une durée petite pendant laquelle le flux subit une variation $\Delta\Phi$.

» Je montrerai pour quelles raisons *on ne saurait admettre l'existence physique d'une force électromotrice d'induction* (voir § 6). La plupart des difficultés qu'on a rencontrées dans la loi de l'induction, difficultés qui ont donné naissance à des hypothèses inacceptables, proviennent de ce qu'on a attribué à une grandeur électrique particulière, la f. e. m. d'*induction*, une réalité qui, en fait, n'existe pas.

» *Remarque.* — Nous sommes partis de la deuxième loi de Kirchhoff au lieu de considérer une simple boucle fermée, comme on le fait d'habitude; nous nous sommes placés ainsi dans les conditions courantes d'application de la loi de l'induction, où c'est, en général, à une dérivation du courant et non pas au courant principal qu'on a affaire. S'il s'agit, par exemple, de calculer la variation du flux d'induction dans le fer d'un transformateur ou d'un moteur à champ tournant, dont l'enroulement primaire soit branché sur un réseau, il faudrait introduire dans le calcul la valeur du champ électrique dans l'air. En pratique, on insère, réellement ou seulement par la pensée, un voltmètre entre les bornes de l'enroulement primaire. Si la chute de tension ohmique dans cet enroulement est négligeable devant la chute de tension ohmique dans le voltmètre,

⁽¹⁾ BOUASSE, *Cours de Physique*, conforme aux programmes des certificats et de l'agrégation de Physique (*Électricité et Magnétisme*, 3^e partie, p. 255).

on trouve que cette dernière est égale à la variation du flux d'induction cherchée.

II. — DEUXIÈME FORME DE LA LOI DE L'INDUCTION.

» On sait que

$$\Phi = \mathbf{B} s.$$

» $\mathbf{B}$, induction magnétique, est un vecteur ⁽¹⁾ de champ, existant en chaque point de l'espace, où il a généralement aux divers points des grandeurs distinctes et des directions différentes.

» Supposons que parmi les innombrables surfaces gauches auxquelles le circuit fermé puisse servir de contour nous en choisissons une *absolument quelconque*, et désignons-la par s . Autrement dit, nous considérons la courbe où se manifeste la tension cyclique comme une courbe rigide et nous lui attachons une sorte de membrane extensible, parfaitement élastique; s désigne la surface considérée dans une de ses positions arbitrairement choisie.

» Soit s_λ un petit élément de la surface s ; nous pouvons regarder cet élément comme plan, à la condition d'avoir divisé s en un nombre K suffisamment grand de petites parties. Si $\mathbf{B}_{n_\lambda}$ est la composante du vecteur $\mathbf{B}$ normale à s_λ , un calcul simple montre que

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{d}{dt} \sum_{\lambda=1}^k \mathbf{B}_{n_\lambda} s_\lambda \cos(\mathbf{B}_\lambda, n_\lambda).$$

» Si l'on développe cette expression, on obtient trois termes

$$\frac{d\Phi}{dt} = \sum_{\lambda=1}^k \frac{d\mathbf{B}_\lambda}{dt} \cos(\mathbf{B}_\lambda, n_\lambda) s_\lambda - \sum_{\lambda=1}^k \mathbf{B}_\lambda \sin(\mathbf{B}_\lambda, n_\lambda) \frac{d(\mathbf{B}_\lambda, n_\lambda)}{dt} s_\lambda + \sum_{\lambda=1}^k \mathbf{B}_\lambda \cos(\mathbf{B}_\lambda, n_\lambda) \frac{ds_\lambda}{dt};$$

ceux-ci expriment que le flux d'induction peut croître :

- » 1° Parce que l'induction sur les surfaces élémentaires croît ;
- » 2° Parce que les lignes de force et les surfaces se disposent moins obliquement les unes par rapport aux autres ;
- » 3° Parce que les surfaces s'étendent.

(1) Les caractères romains gras représentent les vecteurs analytiques, droites données en grandeur et en direction. Nous préférons cette notation, recommandée par Heaviside, aux lettres gothiques employées par Lorentz.

» Mais divisons s en un nombre infiniment grand d'éléments s_λ infiniment petits ; nous obtenons

$$\Phi = \lim_{k \rightarrow \infty} \sum_{\lambda=1}^k \mathbf{B}_\lambda s_\lambda \equiv \int_s \mathbf{B}_n ds,$$

de sorte que la loi de l'induction peut s'écrire

$$(2) \quad \sum r_v i_v = - \frac{d}{dt} \int_s \mathbf{B}_n ds.$$

» *Première remarque.* — Le fait d'avoir choisi s quelconque dans le champ donne une condition implicite pour $\mathbf{B}$, celle que l'intégration du flux de ce vecteur à travers la surface ne dépende que de la ligne limitant cette surface et non pas de la forme de la surface elle-même. Le vecteur ne doit, par suite, présenter aucune *divergence*, aucune variation discontinue de grandeur, aucun saut dans sa propre direction ($\text{div } \mathbf{B} = 0$) ('). L'induction magnétique est un vecteur axial ou solénoïdal ; sa symétrie est celle du cylindre tournant uniformément autour de son axe. Les composantes normales de $\mathbf{B}$ à la surface d'un corps devant être continues, le flux est *conservatif*, ce qui s'accorde bien avec l'idée que l'agent électromagnétique est incompressible. Dans ces conditions, toutes les surfaces qui ont même contour sont pénétrées par le même flux d'induction ; donc le flux du vecteur induction à travers une surface fermée quelconque est nul.

» *Deuxième remarque.* — Si l'une des résistances r_v était infinie, si la boucle n'était pas conductrice, $r_v i_v$ prendrait la forme indéterminée $0 \times \infty$, mais s serait également indéterminée. L'insertion d'un voltmètre fictif permet de ramener pratiquement ce cas à celui d'une boucle conductrice. On n'a donc jamais à s'occuper dans les applications d'une boucle fermée non conductrice ; on ne regarde jamais r_v comme infini ni i_v comme nul, mais seulement r_v comme très grand et i_v comme très petit. Les formules (1) et (2) sont donc suffisantes pour tous les besoins de la technique.

(1) $\text{div } \mathbf{B} = \frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} + \frac{\partial B_z}{\partial z}.$

III. — FORME GÉNÉRALE DE LA LOI DE L'INDUCTION.

» Étendons la loi de l'induction à une courbe quelconque, conductrice ou non, dont la seule condition soit d'être géométriquement fermée. A cet effet, exprimons la tension cyclique par

$$\oint \mathbf{E} d\mathbf{I},$$

circulation du vecteur intensité de champ électrique le long d'une courbe fermée tracée dans le champ ; $d\mathbf{I}$ est le vecteur de l'élément de contour, de sorte que la circulation du vecteur est assimilable à un travail.

» L'avantage de cette substitution est que $\mathbf{E}$ a une valeur définie pour *tous* les points de l'espace.

» L'intensité de champ électrique est le quotient de la densité des lignes de force électriques par la constante diélectrique. L'expérience montre, en effet, que la densité des lignes de force électriques n'est pas une constante, ou du moins c'est de cette manière qu'on convient d'expliquer que la résistance au percement d'un isolant, pour une même épaisseur et sous un voltage donné, est d'autant plus faible que les surfaces qui séparent l'isolant du diélectrique ambiant ont une plus forte courbure.

» Mais la définition précédente ne s'applique qu'aux isolants ; si E désigne la tension électrique, on a pour un milieu donné

$$\mathbf{E} = \lim_{\substack{l \rightarrow 0 \\ s \rightarrow 0}} \frac{E}{l}.$$

» Pour les conducteurs, l'intensité de champ électrique est ρ_l , ρ étant la résistivité de la matière pondérable qui sert de conducteur au courant et l étant la densité du courant à la surface du conducteur. Considérons, en effet, une résistance $r = \rho \frac{l}{s}$; la chute ohmique de tension est par unité de longueur $\frac{ri}{l} = \rho \frac{i}{s}$; mais, pour que $\frac{i}{s}$ soit la véritable densité du courant, il faut, non seulement que le courant s'écoule normalement à la surface s en tous ses points, mais encore qu'il soit uniformément réparti sur elle. Or, si cela peut arriver pour un courant continu, cela est impossible pour un courant

alternatif, à moins que l'on ne considère le conducteur comme filiforme. La densité de courant est alors un vecteur $\mathbf{C}$ et la chute de tension, suivant la loi d'Ohm, est par unité de longueur

$$\rho \mathbf{C} = \lim_{\substack{l \rightarrow 0 \\ s \rightarrow 0}} \frac{r i}{l} \equiv \lim_{\substack{l \rightarrow 0 \\ s \rightarrow 0}} \frac{E}{l}.$$

» Ceci nous montre que *le véritable caractère de la loi d'Ohm est d'établir une liaison entre le courant qui circule dans le conducteur et la tension électrique dans l'air.*

» Regardons une partie plane d'un fragment de métal; si le métal est chargé d'électricité, positive par exemple, les charges électriques sont distribuées sur la surface du métal et non à l'intérieur. Les lignes de force électrique qui émanent de ces charges sont distribuées dans l'air ambiant; de plus, si le champ électrique est en équilibre, c'est-à-dire quand aucune transformation d'énergie ne peut y être stable, il ne peut exister nulle part de courants dans le champ et les lignes de force électriques sont normales à la surface du métal.

» Si l'on envoie un courant électrique dans le métal, toutes les lignes de force s'inclinent dans le sens du courant comme si elles étaient attirées par les lignes du courant qui passent sous la surface. L'intensité de champ électrique dans l'air donne une composante normale, qui ne dépend que de la densité de la charge électrique sur la surface du métal, et une composante tangentielle dirigée dans le même sens que la densité de courant à la surface. De plus

$$\mathbf{E}_t = \rho \mathbf{C}.$$

» Si nous déplaçons le morceau de métal à l'intérieur d'un champ magnétique que, pour fixer les idées, nous supposons stationnaire (*voir* IV), la composante tangentielle diffère de $\rho \mathbf{C}$ aussi bien en grandeur qu'en direction. Ces vecteurs se disposent comme s'ils allaient à la rencontre l'un de l'autre; leurs origines semblent entraînées par le courant sur un certain parcours, ce qui fait que les lignes de force électriques s'inclinent dans le sens opposé à celui qu'elles avaient auparavant. C'est le saut brusque des composantes tangentielles qui a lieu dans la surface de séparation du métal et de l'air, plus exactement dans la surface de glissement de ces deux milieux, qui forme la cause électrique des courants induits, car, si

l'on applique contre le morceau de métal un fil immobile, il s'y manifeste un courant dans le sens de cette composante tangentielle⁽¹⁾.

» Somme toute, quand une boucle se déplace dans un champ magnétique, la liaison entre le courant qui circule dans la boucle et la tension électrique dans l'air se trouve subitement rompue à partir de l'instant du déplacement, et la loi d'Ohm, qui exprime cette liaison, devient inapplicable. Pour un corps non conducteur, $\mathbf{C}$ est constamment nul et le déplacement diélectrique dans un métal est une grandeur fort problématique ; c'est pourquoi nous n'avons pas pu remplacer $\sum_{\odot} r_v i_v$ par $\int_{\odot} \mathbf{E} d\mathbf{I}$ sans donner les explications précédentes.

» Cela posé, la loi de l'induction s'écrit

$$(3) \quad \int_{\odot} \mathbf{E} d\mathbf{I} + \frac{d}{dt} \int_s \mathbf{B}_n ds = 0.$$

IV. — AUTRE FORME GÉNÉRALE DE LA LOI DE L'INDUCTION.

» Si l'on applique la formule précédente au cas d'un corps en mouvement dans un champ magnétique variable, ce qui est le cas le plus compliqué qu'on puisse imaginer (on le rencontre, par exemple, quand il s'agit de calculer la valeur de la tension cyclique dans l'enroulement du rotor d'un moteur monophasé), le calcul met en évidence deux termes pour la variation de flux.

» Ceci nous incite à décomposer la formule (3) en deux termes. Représentons l'élément de surface ds en grandeur et position par $d\mathbf{s}$, vecteur dont la direction coïncide avec la normale à l'élément ds située dans l'espace extérieur ; le flux d'induction à travers l'élément ds a pour expression

$$\mathbf{B}_n ds = \mathbf{B} d\mathbf{s}.$$

» Supposons que le vecteur $d\mathbf{I}$ du cycle de courant se déplace dans le temps dt avec une vitesse vecteur $\mathbf{v}$; $d\mathbf{s}$ est le vecteur produit

(1) Voir mon travail sur *La Formule de Poynting et le Courant de l'Énergie électromagnétique dans les dynamos* (*La Lumière électrique*, 2^e série, t. IX, n^{os} 6 et 7).

de $\mathbf{v} dt$ et de $d\mathbf{I}$ [c'est-à-dire que numériquement $ds = c dt \cdot dl \sin \theta$, θ étant l'angle des vecteurs, et les quantités étant prises en valeurs absolues⁽¹⁾]. Un calcul peu compliqué donne

$$(1) \quad \int_{\bigcirc} \mathbf{E} d\mathbf{I} + \int_s \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} ds - \int_{\bigcirc} [\mathbf{v}, \mathbf{B}] d\mathbf{I} = 0.$$

» La tension cyclique est donc égale à la différence de deux tensions. Le terme en ds représente l'accroissement du flux par suite de l'agrandissement du contour d'intégration ; c'est le nombre des lignes d'induction embrassées au repos ; on l'appelle quelquefois *f. e. m. de repos*. Le terme en $\mathbf{v}$ exprime le nombre des lignes de force magnétiques coupées par seconde quand un élément matériel du cycle de courant se déplace dans une direction quelconque, non parallèle aux lignes de force. L'accroissement de flux qui correspond à ce second terme résulte de l'agrandissement de la surface d'intégration ; on l'appelle quelquefois *f. e. m. de mouvement*.

» Il est bien évident que cette division en deux termes est tout à fait arbitraire, car elle dépend du choix des coordonnées, c'est-à-dire de ce qu'on considère comme en repos et de ce qu'on considère comme en mouvement. La somme a seule une valeur indépendante du choix des coordonnées. Donc, *la loi de l'induction s'applique toujours à la totalité du flux ; la théorie de la coupure n'est qu'un cas particulier de la théorie générale de la boucle ; elle n'est pas applicable si l'on n'a pas $\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0$ (champ stationnaire)*.

» CHAMP STATIONNAIRE. — CORPS EN REPOS. — Un champ est *stationnaire* quand les aimants et les fils conducteurs qui donnent naissance à des lignes de force magnétiques ne se déplacent pas ; il faut, en outre, qu'aucun morceau de fer ne se meuve dans le champ magnétique et que les courants n'oscillent pas, mais conservent leurs intensités sans aucune variation. S'il en est ainsi, on a $\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0$ (en supposant négligeable la réaction du courant induit sur le champ).

⁽¹⁾ Un bonhomme d'Ampère traversé des pieds à la tête par le vecteur $\mathbf{v} dt$ et regardant le vecteur $d\mathbf{I}$ aura le vecteur ds à sa gauche. Les composantes de ds sont assimilables aux moments d'une force par rapport aux axes de coordonnées. $\mathbf{v} dt$, $d\mathbf{I}$ et ds déterminent dans cet ordre un système à droite.

» Un corps est *en repos* ($\mathbf{v} = 0$) quand un observateur placé sur ce corps voit le champ magnétique lui apparaître stationnaire; $\mathbf{v}$ représente toujours la vitesse de la matière pondérable, ce qui, d'ailleurs, est la seule vitesse qui ait un sens *physique*. Si l'on parle d'un déplacement de lignes d'induction, encore que celles-ci n'aient aucune individualité, cela veut dire que l'on observe les phénomènes du champ magnétique au point de vue d'un observateur placé sur un corps animé d'un mouvement tel que le champ lui apparaîtrait stationnaire: c'est donc une simple commodité de langage.

» Les lignes de force magnétiques n'ont ni commencement, ni fin; elles ne sont pas distinctes; on peut se les figurer comme un arc-en-ciel qui apparaît ou s'évanouit sans se mouvoir.

» Il est souvent utile de faire choix d'un corps fictif, par exemple, d'un système de coordonnées; c'est ainsi que, pour étudier le champ tournant d'un moteur asynchrone, il est avantageux de choisir un système de coordonnées tournant synchroniquement avec le champ; on peut alors appliquer la formule de la coupure aussi bien pour un observateur placé sur le rotor que pour un observateur placé sur le stator (en négligeant les petites fluctuations).

» *Application de la formule de la coupure à un cas classique.* — Soit une barre de métal capable de glisser sur un conducteur en forme d'U, de manière à former sans cesse une boucle, dont le plan demeure normal à un champ d'induction constant; supposons que la barre se déplace avec une vitesse de v centimètres par seconde.

» Le champ est stationnaire, donc

$$\int \mathbf{E} d\mathbf{I} = \int_{\odot} [\mathbf{v}, \mathbf{B}] d\mathbf{I} = |v| |\sin| l,$$

car le sinus de l'angle $(\mathbf{v}, \mathbf{B})$ est égal ici à l'unité. Dans le cas de l'air, la perméabilité $\mu = 1$; donc on retrouve la formule classique $\mathcal{K}lv$, $\mathcal{K}$ et l étant pris en valeurs absolues. Entre les extrémités du conducteur, il existe une véritable *différence de potentiel* numériquement égale à $\mathcal{K}lv$, parce que la résultante des vecteurs $\mathbf{E}$ et $[\mathbf{B}, \mathbf{v}]$ est dépourvue de tourbillons (sa *rotation* est nulle).

» Pour trouver le sens de circulation du courant induit, il suffit d'appliquer la *règle des trois doigts* (système à droite): si le pouce

de la main droite indique le sens du déplacement, le médius la direction des lignes de force magnétique, l'index donne le sens de circulation cherché.

V. — LA LOI DE L'INDUCTION SOUS FORME D'EQUATION DIFFÉRENTIELLE.

» Si l'on applique à l'équation générale (4) de la loi de l'induction le théorème de Stokes, qui permet de transformer l'intégrale linéaire de tout vecteur sur une courbe fermée quelconque en une intégrale de surface ayant pour bord le contour donné, on trouve, en se rappelant que la surface s a été choisie quelconque et que, par conséquent, c'est son contour qui est nul,

$$(5) \quad -\operatorname{rot} \mathbf{E} = \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} + \operatorname{rot} [\mathbf{B}, \mathbf{v}].$$

» Cette équation révèle le véritable caractère de la loi de l'induction.

» Elle est aux différences partielles ⁽¹⁾ et s'applique à un point quelconque de l'espace et à son voisinage immédiat (action de proche en proche) (voir XI).

» $\operatorname{rot} \mathbf{E}$ (rotation $\mathbf{E}$) est ce que les Anglais appellent *curl* $\mathbf{E}$ ⁽²⁾; c'est le (vecteur) tourbillon $\mathbf{R}$ du vecteur intensité de champ électrique $\mathbf{E}$. On peut définir $\mathbf{R}$ par l'expression

$$\mathbf{R} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{s} \int_s \mathbf{E} d\mathbf{l},$$

qui est indépendante de tout système de coordonnées, ou mieux encore par la belle conception du Dr v. Ignatowsky ⁽³⁾, savoir :

$$\mathbf{R} = [\nabla \mathbf{E}] = \lim_{v \rightarrow 0} \frac{\int_s |d\mathbf{s} \mathbf{E}|}{\mathbf{V}},$$

(1) Il est facile de la traduire en trois équations aux coordonnées cartésiennes, en considérant la note ⁽¹⁾, page 104. Écrivons seulement la première :

$$-\left(\frac{\partial \zeta_z}{\partial y} - \frac{\partial \zeta_y}{\partial z}\right) = \frac{\partial \psi_x}{\partial t} + \left[\frac{\partial}{\partial y} (\psi_x v_y - \psi_y v_x) - \frac{\partial}{\partial z} (\psi_z v_x - \psi_x v_z)\right].$$

(2) Pour se rendre compte de l'importance des curls, voir BORASSE, *Cours de Physique*, 3^e partie, Avant-propos. J'en ai parlé également dans le *Journal de Physique*, t. VIII, mai 1909, p. 323.

(3) Dr W. v. IGNATOWSKY, *Die Vektoranalysis und ihre Anwendung in der theoretischen Physik*, 1^{re} partie, juillet 1909, p. 16.

qui montre qu'une rotation est un vecteur produit de l'opérateur *nabla* d'Hamilton par le vecteur **E**. Il s'ensuit que

$$\nabla \nabla \mathbf{E} = \nabla^2 \mathbf{E} = \nabla \operatorname{div} \mathbf{E} = \lim_s \frac{\int_s (\operatorname{div} \nabla) \mathbf{E}}{V},$$

et l'on sait combien est important le rôle que joue l'opérateur de Laplace ∇^2 , que l'on représente souvent par Δ , dans les théories de Maxwell, de Hertz et de Lorentz.

» Il est clair, d'après l'équation (5), que *les tourbillons électriques constituent la véritable liaison entre les phénomènes électriques et les phénomènes magnétiques. Les modifications magnétiques en un point de l'espace ne précisent pas l'intensité du champ électrique en un point, mais seulement son tourbillon en ce même point.*

» Or, deux champs ayant des tourbillons égaux peuvent différer l'un de l'autre par un champ quelconque dépourvu de tourbillons. Il importe donc de ne pas définir **E** comme un potentiel vecteur, selon la formule de Cauchy, car le champ ainsi défini serait toujours dépourvu de tourbillons (rot. grad. $\varphi = 0$, φ étant un potentiel, c'est-à-dire une quantité non dirigée, dont la mesure s'exprime par un simple nombre), et il n'en est ainsi pour le champ électrique que s'il est lamellaire (Kelvin).

» Quand le champ électrique est tourbillonnaire, son intensité est comparable à une courbe de baisse de température; c'est une *pente de potentiel*. C'est seulement quand **E** est un gradient qu'une tension est une différence de potentiel; dans l'entrefer d'un moteur polyphasé, le champ étant tourbillonnaire, il existe une tension électrique, mais non pas une différence de potentiel.

VI. — LA FORCE ÉLECTROMOTRICE D'INDUCTION.

» C'est le flux du vecteur tourbillon électrique, à travers une surface tracée dans le champ, qui donne naissance aux phénomènes d'induction. La f. e. m. d'induction est donc une grandeur *purement fictive*, sans aucune existence physique. Il est inexact de dire qu'elle donne lieu à une circulation d'électricité. Le théorème de Stokes (qu'on peut énoncer en disant que le flux conservatif

d'un vecteur $\mathbf{R}$, à travers une surface, est identique à la circulation d'un autre vecteur $\mathbf{E}$ le long de la courbe fermée qui limite le champ, à la condition que $\mathbf{R} = \text{rot} \mathbf{E}$) prouve que la tension cyclique n'est qu'une forme géométrique du flux tourbillon électrique. La tension cyclique n'est pas un résultat, c'est un renseignement mathématique ; tension cyclique et flux tourbillon électrique rendent patent un mode d'arrangement déterminé du champ électrique.

» Aussi n'est-on pas fondé, à mon avis, à dire qu'à des coefficients numériques près « le taux de la variation dans le temps du » vecteur induction soit égal au curl du vecteur f. e. m. » (Bouasse). C'est le vecteur résultant du vecteur $\mathbf{E}$ et du vecteur $[\mathbf{v}, \mathbf{B}]$ qui est généralement un vecteur polaire, ayant la symétrie du tronc de cône circulaire.

» Si l'on conservait un doute sur le caractère fantomatique de la f. e. m. d'induction, caractère qui doit se manifester dès qu'on essaie de localiser cette grandeur dans des fils, on pourrait l'écarter par un exemple. Il suffirait de considérer un système de courants fermés (*fig. 1*) liés à deux flux Φ_1 et Φ_2 et de se demander

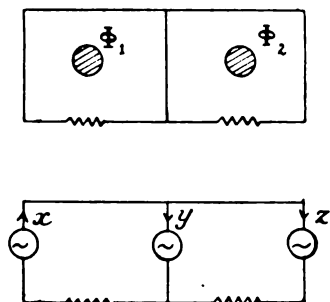


Fig. 1.

quelle tension x, y, z devraient avoir trois alternateurs insérés dans les trois branches, pour que ces tensions puissent donner naissance aux mêmes courants. On verrait qu'il est impossible de préciser la valeur des f. e. m. d'induction sur les branches d'un circuit, quand on se donne seulement les valeurs des courants induits dans chacune d'elles.

» Si l'on se propose de déterminer la chute de tension dans une ligne monophasée (*fig. 2*), on trouve facilement qu'elle est égale à la somme de la chute de tension ohmique $(r' + r'')i$ et de la chute

de tension inductive $\mathcal{E} \frac{di}{dt}$, $\mathcal{E}$ étant le coefficient de self-induction du circuit (celui-ci ne peut être rigoureusement défini que pour un champ

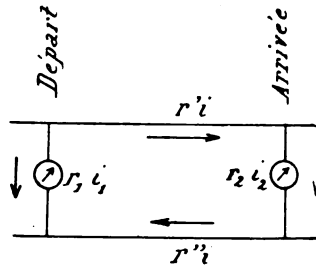


Fig. 2.

homogène). Il importe essentiellement de regarder la chute de tension inductive comme une grandeur magnétique, dont la valeur est égale et de signe contraire à la tension cyclique.

» La répartition de la tension cyclique sur les diverses parties du circuit est claire ; elle ne dépend que des résistances, c'est-à-dire du remplissage de l'espace par la matière pondérable. Il serait absurde de se demander comment la chute de tension inductive pourrait se trouver répartie sur les conducteurs aller et retour.

» *La désignation* chute de tension inductive, *qui peut éveiller à tort l'idée d'une grandeur électrique, est très regrettable*. Je serais d'avis de la remplacer par une autre qui indique le caractère magnétique de $\mathcal{E} \frac{di}{dt}$.

» *Remarque.* — Rien n'empêche de conserver *pratiquement* le nom de *f. e. m. induite* auquel on est habitué, mais il faudrait préciser si l'on entend par là $\sum r_v i_v$ ou bien $(-\frac{d\Phi}{dt})$. Dans le premier cas, il s'agit d'une grandeur électrique, dont on peut préciser la distribution le long d'un circuit alternatif ; dans le second, il s'agit d'une grandeur magnétique pour laquelle cette tentative n'aurait aucun sens.

» La conclusion de tout ceci est qu'on n'a jamais à se demander où la f. e. m. d'induction peut avoir son siège, mais où il naît des tourbillons électriques et où il ne peut en exister.

VII. — EXISTENCE ET ABSENCE DES TOURBILLONS ELECTRIQUES.

» La réponse à ces questions est fournie par l'équation vectorielle (5) du paragraphe V.

» Tout champ magnétique qui varie avec le temps est complètement traversé par des tourbillons. C'est ce qui arrive pour le noyau d'un transformateur, l'entrefer et les tôles d'un moteur triphasé, le voisinage d'une antenne de télégraphie sans fil. Les tourbillons d'espace existent aussi bien dans l'intérieur des conducteurs (courants de Foucault) que dans l'air ambiant et dans les autres diélectriques ; ce sont des variations continues du vecteur de champ, car il est clair que des variations brusques d'un point à un autre ne peuvent exister dans l'espace où elles croitraient rapidement à des valeurs infinies.

» Des variations brusques peuvent exister au contraire dans les surfaces ; un tourbillon de surface exprime le saut des composantes

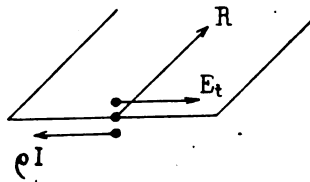


Fig. 3.

tangentielles du vecteur de champ à la surface de séparation de deux corps. La direction du vecteur tourbillon de surface est normale à la ligne de jonction des vecteurs $\mathbf{E}_t$ et $p\mathbf{C}$ au même point (fig. 3).

» *L'étude des tourbillons de surface est bien plus intéressante pour l'ingénieur que l'étude des tourbillons d'espace*, car les tourbillons de surface engendrent les courants utiles, qui se manifestent sous forme de courants induits dans les conducteurs. Les tourbillons d'espace ne sont que des sources d'énergie calorique produisant l'échauffement des conducteurs ; on lutte contre eux en rendant les corps où ils existent aussi peu conducteurs que possible par un feuilletage avec interposition de lamelles isolantes. La théorie montre que, dès que deux corps glissent l'un sur l'autre (l'un est

généralement un métal, l'autre de l'air), un tourbillon de surface de l'intensité de champ électrique naît dans la surface de glissement.

» Il n'existe pas de tourbillons électriques dans tout espace dépourvu complètement de champ magnétique ($\mathbf{B} = 0$).

» Il ne peut exister de tourbillons dans un corps en repos dans un champ stationnaire, ni dans un point matériel qui se déplace le long d'une ligne de force magnétique dans un champ magnétique stationnaire.

» Pour aller plus loin, on peut appliquer l'équation (5) au cas d'un *corps rigide*, c'est-à-dire d'un système de points matériels ayant des liaisons fermes, de telle sorte qu'on ait affaire à un corps proprement dit, réel ou fictif. On trouve que la loi de l'induction prend la forme (1)

$$(6) \quad -\text{rot. } \mathbf{E} = \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} + (\mathbf{v} \text{ grad.}) \mathbf{B} + [\mathbf{B}, \mathbf{u}],$$

dans laquelle $\mathbf{u}$ représente la vitesse angulaire du corps rigide,

$$\mathbf{u} = \frac{1}{2} \text{rot. } \mathbf{v}.$$

» 1. CAS D'UN CHAMP STATIONNAIRE. — La distribution de la résultante de $\mathbf{E}$ et de $[\mathbf{B}, \mathbf{v}]$ n'étant pas tourbillonnaire, celle-ci peut être regardée comme la pente d'une fonction scalaire des trois coordonnées du point, qu'on appelle *le potentiel électrique*. Le vecteur est toujours dirigé selon les potentiels décroissants.

» 1° *Corps en repos dans un champ stationnaire.* — La loi de l'induction se réduit à

$$\text{rot. } \mathbf{E} = 0;$$

donc $\mathbf{E} = -\text{grad } \varphi$, c'est-à-dire

$$\mathcal{E}_x = -\frac{\partial \varphi}{\partial x}, \quad \mathcal{E}_y = -\frac{\partial \varphi}{\partial y}, \quad \mathcal{E}_z = -\frac{\partial \varphi}{\partial z};$$

(1) En coordonnées cartésiennes :

$$\begin{aligned} -\left(\frac{\partial \mathcal{E}_z}{\partial y} - \frac{\partial \mathcal{E}_y}{\partial z}\right) &= \frac{\partial \mathfrak{B}_x}{\partial t} + \left(v_x \frac{\partial \mathfrak{B}_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial \mathfrak{B}_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial \mathfrak{B}_z}{\partial z}\right) + (\mathfrak{B}_y u_z - \mathfrak{B}_z u_y), \\ -\left(\frac{\partial \mathcal{E}_x}{\partial z} - \frac{\partial \mathcal{E}_z}{\partial x}\right) &= \frac{\partial \mathfrak{B}_y}{\partial t} + \left(v_x \frac{\partial \mathfrak{B}_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial \mathfrak{B}_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial \mathfrak{B}_z}{\partial z}\right) + (\mathfrak{B}_z u_x - \mathfrak{B}_x u_z), \\ -\left(\frac{\partial \mathcal{E}_y}{\partial x} - \frac{\partial \mathcal{E}_x}{\partial y}\right) &= \frac{\partial \mathfrak{B}_z}{\partial t} + \left(v_x \frac{\partial \mathfrak{B}_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial \mathfrak{B}_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial \mathfrak{B}_z}{\partial z}\right) + (\mathfrak{B}_x u_y - \mathfrak{B}_y u_x). \end{aligned}$$

φ est le potentiel des corps en repos. La tension cyclique est évidemment nulle et la loi d'Ohm s'applique à la totalité du courant.

» 2° *Corps en mouvement dans un champ stationnaire.* — L'équation (6) montre que des tourbillons électriques peuvent prendre naissance dans les champs magnétiques stationnaires.

» Ils se produisent dans tout corps rigide qui se déplace à travers un champ non homogène, pourvu que le champ varie aussi dans l'espace suivant la direction du déplacement.

» (Il n'existe pas de tourbillons dans les corps rigides qui se meuvent dans un champ magnétique stationnaire homogène; par exemple, dans les conducteurs logés à la périphérie d'un induit lisse, tant que ces conducteurs se déplacent sous les pôles immobiles).

» Il se produit, en outre, des tourbillons dans les particules des corps qui accomplissent une révolution à l'intérieur d'un champ magnétique stationnaire, lorsque leur axe de rotation n'est pas constamment tangent à la ligne de force magnétique qui traverse la particule. Lorsque les conducteurs logés à la périphérie d'un induit lisse ont dépassé les cornes polaires, ils se déplacent dans un champ non homogène; il se produit dans leur intérieur des courants qui les échauffent.

» Il ne peut exister de tourbillons électriques dans un corps rigide de révolution tournant autour de son axe dans un champ magnétique stationnaire symétrique par rapport au même axe.

» *Remarque.* — Si une spire conductrice se déplace dans l'intérieur d'un champ magnétique de façon à modifier le flux d'induction qu'elle embrasse, ce déplacement exige un travail mécanique. Une force mécanique agit donc sur les éléments de la spire comme conséquence de la production d'un courant dans l'intérieur de cette spire; cette force est dirigée en sens inverse de celle du mouvement, d'où le nom de *force contre-électromotrice d'induction* qu'on lui donne quelquefois.

» 2. CAS D'UN CHAMP MAGNÉTIQUE NON STATIONNAIRE (OU VARIABLE). —
1° *Corps en repos dans un champ variable.* — Ce cas est celui qu'on

rencontre pour les conducteurs des transformateurs, les lignes à courants alternatifs, les circuits oscillants. Il serait tout à fait simple si l'on ne s'ingéniait pas à vouloir le ramener au cas du déplacement dans le champ stationnaire. C'est cette fâcheuse idée qui a conduit plusieurs auteurs à admettre l'*hypothèse d'un déplacement des lignes de force magnétiques*, n'exprimant aucun mouvement relatif de points matériels.

» On a assimilé le mouvement des lignes de force magnétiques au mouvement des vagues ou des ondes sonores. Ce sont là choses bien différentes : une vague, ou une onde qui se déplace, est la traduction d'un mode défini de liaison entre les modifications de l'espace et celles du temps ; un cas de ce genre est *grosso modo* celui de l'entrefer d'un moteur à champ tournant. Tout autre est le phénomène des lignes d'induction ; celles-ci devraient, au moment de la fermeture d'un circuit, s'échapper dans toutes les directions radiales, comme le font les ondulations d'un étang autour d'un point où tombe une pierre.

» La loi de l'induction ne donne aucune indication de ce genre, et cependant, si au moment de l'ouverture d'un circuit toutes les lignes de force magnétiques devaient réintégrer le fil avec une vitesse énorme, il serait impossible que cette vitesse fut indépendante de la loi de l'induction.

» D'autre part, une autre théorie nous fait croire qu'au moment de la fermeture d'un circuit, l'énergie s'échappe des sources d'électricité à travers le milieu ambiant dans une direction voisine de celle des fils, et qu'au surplus, cette énergie a plutôt tendance à se fixer sur les fils qu'à s'en écarter.

» On a raisonné aussi, pour essayer de justifier l'hypothèse d'un déplacement des lignes d'induction, sur les phénomènes des *induits dentés*. Considérons donc l'induit denté d'une dynamo à courant continu ou d'un alternateur synchrone. Si nous lions à l'induit le système des coordonnées, c'est-à-dire si nous regardons l'induit comme immobile, qu'il le soit réellement ou non, la vitesse des conducteurs de cuivre de l'induit est nulle ; nous n'avons affaire qu'à la force électromotrice de repos (*voir IV*). Mais la variation de flux ne résulte pas d'une modification du courant d'excitation comparable à celle d'un transformateur ordinaire ; ce n'est pas une

tension de transformation du premier genre. Cette variation provient du changement de la résistance magnétique et aussi du déplacement de l'enroulement de l'inducteur; on peut appeler cette variation de flux *une tension de transformation du deuxième genre*.

» Il est vrai qu'on a l'habitude de lier les coordonnées aux pôles; qu'il s'agisse d'armatures dentées ou d'armatures lisses, on regarde les pôles comme immobiles. Suivons alors les valeurs de l'induction magnétique en un point P de l'espace, à l'endroit de l'enroulement de l'induit et en face d'un pôle. P va se trouver tantôt dans une rainure, tantôt dans une dent; l'induction magnétique y oscille vite et fort.

» Pour tout point de l'enroulement d'un induit denté en mouvement, on a $\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \gtrless 0$, tandis que pour tout point de l'enroulement d'un induit lisse on a $\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0$. Si, pour un induit lisse, il est légitime d'appliquer la formule de la coupure, on doit employer l'équation complète, pour un induit denté, savoir :

$$\sum_{\odot} r_v i_v = - \int_s \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} ds + \int_{\odot} [\mathbf{v}, \mathbf{B}] d\mathbf{I}.$$

» Le deuxième terme du second membre est très petit, mais il n'est pas nul, car le cuivre se déplace avec une vitesse $\mathbf{v}$; seulement le cuivre est noyé constamment dans un champ magnétique très faible, car le fer des dents forme écran magnétique.

» S'il s'agissait de l'induit denté d'un moteur d'induction monophasé ou à collecteur, il faudrait envisager trois tensions : celle du premier genre, celle du deuxième genre et une petite tension de rotation dans le cuivre. On appelle quelquefois *tension de révolution* la somme de ces deux dernières; on ramène alors l'étude des phénomènes de l'induit denté à celle des phénomènes de l'armature lisse.

» 2° *Corps en mouvement dans un champ variable*. — Si l'on ne peut faire choix d'un système de coordonnées, tel que $\mathbf{v} = 0$, le mieux est d'appliquer la loi de l'induction sous sa forme (1) ou (2), en ayant bien soin de désigner par Φ la *totalité* du flux embrassé par la spire. Si l'on se bornait à désigner par Φ le seul flux d'induction

que l'on trouve, par exemple, dans le noyau d'un transformateur, l'équation

$$\sum_{\odot} (r_v i_v - E_v) = - \frac{d\Phi}{dt}$$

serait fausse. Un flux notable dans l'air vient toujours accroître le flux dans le fer, car le milieu entre la spire et le fer n'est pas dépourvu de champ.

» La décomposition de la variation de flux en f. e. m. de repos et f. e. m. de mouvement n'aurait aucun avantage, car elle dépend essentiellement du choix des coordonnées.

VIII. — INDUCTION UNIPOLAIRE.

» Soit un aimant permanent tournant autour de son axe. Sa surface est une surface de glissement du métal sur l'air ; donc il s'y produit des tourbillons électriques de surface. Si l'on place un étrier immobile conducteur en contact avec l'aimant, de manière à relier l'une des bases à la zone neutre, le champ est stationnaire ; donc la théorie de la coupure est applicable, bien qu'à première vue on

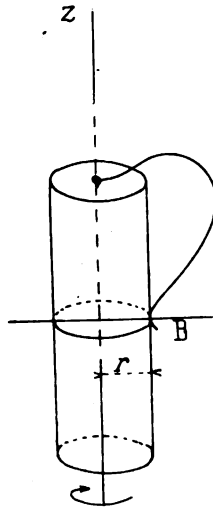


Fig. 4.

pourrait s'imaginer le contraire (*fig. 4*). Il est facile de voir que la tension cyclique est proportionnelle à la fréquence f du mouvement

de rotation de l'aimant; si Φ désigne le flux d'induction à travers la section de l'aimant sur laquelle frotte le point B, on trouve que la tension cyclique a pour valeur $f\Phi$.

» Ce résultat n'a rien d'étonnant. Reprenons l'équation classique (1) et désignons par Φ le flux au temps t , par Φ_0 le flux au temps t_0 :

$$\Phi - \Phi_0 = - \int_{t_0}^t dt \sum_{\odot} r_v i_v = - \sum_{\odot} r_v \int_{t_0}^t i_v dt.$$

» Si les courants i_v sont constants ou oscillent périodiquement autour d'une valeur positive, la quantité $(-\Phi)$ croît indéfiniment avec le temps.

» Mais il ne faudrait pas en conclure qu'un aimant soit une source inépuisable de flux magnétique. **B** est fini, et, si le flux peut croître sans limite avec la vitesse de rotation, cela veut dire que la surface s s'étend toujours davantage, comme dans le cas d'un déplacement dans un champ stationnaire. On peut considérer que la surface d'intégration s'étend toujours davantage en s'enroulant autour de l'aimant, comme un drapeau autour de sa hampe.

» La décomposition de la variation de flux en trois termes (voir II) prouve que des modifications angulaires ne conduisent qu'à des variations périodiques de flux. *Donc il est impossible de produire du courant continu à l'aide d'une dynamo sans un dispositif d'inversion*, qui est le collecteur.

» Dans le cas de l'induction unipolaire ci-dessus, aucune ligne de force magnétique ne sort de la surface cylindrique, mais les tourbillons sont localisés sur les bases où le saut de l'intensité de champ électrique a pour valeur

$$\mathbf{B}_z \mathbf{v}_{1x} = \mathbf{B}_z \omega r,$$

ω étant la vitesse angulaire de l'aimant.

» D'après ce que nous venons de voir, il est certain qu'on ne peut réaliser de machine à courants continus sans contact glissant, « impossible », dit M. Janet, qu'on doit aujourd'hui comparer à celle du mouvement perpétuel (1) », et il n'est aucunement nécessaire

(1) P. JANET, *Leçons d'Électrotechnique générale*, 1900, p. 85.

d'admettre l'hypothèse d'un entraînement des lignes de force magnétiques avec la matière pondérable.

IX. — ÉCRANS MAGNÉTIQUES.

» On a coutume d'expliquer le rôle des écrans magnétiques dans les phénomènes d'induction à l'aide d'un déplacement des lignes d'induction. M. Janet observe d'ailleurs « que c'est là une simple » interprétation qui ne préjuge en rien sur la véritable explication » du phénomène ».

» Rappelons brièvement de quoi il s'agit. Supposons qu'entre les armatures d'un électro ou d'un aimant permanent nous plaçons un cylindre de fer épais, comme on le fait pour protéger les galvanomètres contre les champs dus aux courants vagabonds. Le cylindre est normal aux lignes de force magnétiques. Considérons maintenant un conducteur de cuivre o , rectiligne, parallèle aux génératrices du cylindre et situé dans l'espace limité par le fer.

» Déplaçons le fil sans toucher au cylindre : la tension sur le fil est beaucoup plus petite quand le cylindre existe que quand il n'existe pas. Ceci est certain, puisque la présence du fer dans une portion du champ diminue, dans le rapport de sa perméabilité à celle de l'air, la densité des lignes de force magnétiques dans le reste du champ. Le flux d'induction, on l'a vu, est conservatif et la loi de l'induction ne s'applique qu'à la totalité du flux.

» Si un courant circule dans le fil par suite d'une source voltaïque ou thermique, il ne changera pas, puisque la tension cyclique est indépendante des forces électromotrices $\sum \mathbf{E}_v$.

» LIONS le fil au cylindre et produisons le même déplacement que précédemment; nous constatons que la tension sur le fil est exactement la même, que le tube de fer soit là ou non. Voilà qui semble paradoxal. Il est facile de voir qu'il n'en est rien.

» Du fer se meut dans le champ; donc le champ n'est pas stationnaire et la théorie de la coupure ne s'applique pas. Comme il y a mouvement de corps matériel, on a

$$\text{rot}(\mathbf{E} + [\mathbf{B}, \mathbf{v}]) = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}.$$

» La résultante de $\mathbf{E}$ et de $[\mathbf{B}, \mathbf{v}]$ est tourbillonnaire. Il n'existe donc pas de différence de potentiel entre deux points quelconques du fil, mais seulement une tension; celle-ci dépend uniquement de la totalité du flux, qui est invariable. Si l'on ferme le conducteur, puisqu'il n'y a pas de différence de potentiel, il ne peut y circuler de courant. On voit qu'il n'y a nullement besoin, pour expliquer ce fait, d'admettre que « les lignes de force du champ primitif restent » immobiles, tandis que les lignes de force du champ créé par « le magnétisme induit dans le tube sont entraînées avec lui ». On n'a pas besoin de supposer que les lignes de force magnétiques aient « une tendance à passer par le milieu le plus perméable », ou de dire « que les lignes d'induction, dont le flux est conservatif, traversent n fois plus vite l'espace o (entre le conducteur et le fer), puisqu'elles y sont n fois moins denses ⁽¹⁾ ».

» On sait combien l'étude des écrans magnétiques est pratiquement intéressante, puisqu'elle montre la possibilité de construire des induits de dynamos sans fils extérieurs.

» *Remarque.* — On dit souvent que l'action électromagnétique dans les induits dentés est appliquée au fer et non au cuivre. Cette proposition n'est pas complètement rigoureuse (voir VII, 2); mais, dans les applications, on a le droit de négliger l'action sur le cuivre devant l'action sur le fer. La force mécanique est, par élément de volume, s'il n'y a pas d'aimants permanents dans le champ,

$$- \frac{1}{8\pi} \mathcal{C}^2 + \frac{\mathcal{C}}{\mu} \sin \alpha$$

($\mathcal{C}$ est la densité du courant, α l'angle des vecteurs $\mathbf{i}$ et $\mathcal{C}$); μ étant grand, il est légitime de négliger $\frac{1}{8\pi} \mathcal{C}^2$ devant $\frac{\mathcal{C}}{\mu} \sin \alpha$.

» Les forces mécaniques très considérables qui correspondent aux f. e. m. dans les dynamos dentées s'exercent donc presque uniquement sur du fer, c'est-à-dire sur un métal résistant et dans de bonnes conditions mécaniques.

⁽¹⁾ H. BOUASSE, *Cours de Physique*, t. III, 339.

X. — ESSAI DE HERING.

» L'essai de Hering a donné lieu à une controverse ardente entre les Électriciens, principalement en Amérique et en Angleterre (1).

» Soit une boucle formée par deux lames de ressort montées sur un support d'ébonite et dont les extrémités libres se touchent. Le circuit est fermé sur un balistique. Cette disposition permet d'entourer une branche d'un aimant permanent, puis de faire glisser les lames perpendiculairement à cette branche sans rompre le circuit. Tant que les ressorts se meuvent en embrassant la branche, le cycle de courant est pénétré par les Φ lignes d'induction d'une section droite de l'aimant; quand on a arraché la boucle, ces lignes d'induction ne sont plus embrassées par elle, et cependant, quand on retire la boucle, le balistique n'accuse aucune décharge. A partir de l'instant où le mouvement a lieu perpendiculairement à l'aimant, le galvanomètre reste au repos.

» Or, le champ étant stationnaire, la théorie de la coupure s'applique. Dans les lames de ressort et dans les fils $\mathbf{B} = 0$; dans l'aimant $\mathbf{B}$ n'est pas nul, mais $\mathbf{v} = 0$; donc

$$ri = \int_0 [\mathbf{v}, \mathbf{B}] d\mathbf{I} = 0,$$

et, comme r est différent de zéro, on a $i = 0$.

» On pourrait dire aussi que l'ensemble du champ formé par la branche de l'aimant et l'air ambiant n'est pas homogène; cependant il ne varie pas dans l'espace suivant la direction du déplacement; donc un corps rigide qui s'y déplace n'est pas parcouru par des tourbillons électriques (voir VII, 1, 2°).

XI. — LA THÉORIE DE LA BOUCLE ET LES ACTIONS A DISTANCE.

» On reproche souvent à la loi de l'induction sous sa forme habituelle (1) d'exprimer une action à distance, et, comme on répugne à

(1) *Proceedings of the American Institute of Electrical Engineers*, mars 1908, p. 339. — *Electrical World*, 14 mars 1908, p. 558. — *The Electrician*, 3 avril 1908, p. 496.

admettre une telle hypothèse, on a imaginé que les lignes d'induction se déplaçaient avec une vitesse énorme. Telle action électromagnétique, de proche en proche, est inacceptable.

» Considérons un transformateur. L'expérience prouve qu'il n'y a aucun décalage appréciable entre la phase de la tension cyclique et la phase de la variation de flux ; cependant un transformateur ne pourrait pas fonctionner si dans l'espace entre l'enroulement et le noyau il n'existait pas de champ alternatif magnétique et électrique. Le milieu jouant un rôle, on a supposé que les lignes d'induction allaient quitter le noyau de fer pour aller couper l'enroulement.

» Or, dans un isolant comme l'air, les ébranlements électromagnétiques se propagent sous forme d'ondes non amorties avec une vitesse de 300 000 km par seconde. Pour simplifier, remplaçons le noyau du transformateur par un cylindre de fer infiniment long, où régnerait un champ magnétique alternatif ayant même axe que le cylindre ; des vibrations vont s'en échapper suivant tous les rayons du cylindre. L'énergie électromagnétique va cheminer à travers des surfaces de plus en plus grandes, sa densité va décroître, les ondes s'amortiront dans l'espace. Il est facile de voir que, s'il était vraisemblable de supposer un retard de phase dans les phénomènes de l'enroulement par rapport à ceux du noyau, il faudrait expérimenter sur un enroulement d'environ 6000 km de diamètre, pour une fréquence de 50 ~ par seconde, sans quoi le retard de phase échapperait nécessairement à notre observation.

» On pourrait se demander alors si, pour des enroulements très grands et des fréquences très élevées, l'adjonction d'un terme correctif ne serait pas nécessaire.

» On pourrait dire enfin : mais c'est précisément ce qu'il y a d'étrange que la tension cyclique autour d'une surface quelconque soit toujours liée aux oscillations du flux aussi bien au centre que sur les bords, de sorte que l'éloignement du contour n'entre jamais en ligne de compte.

» La réponse à ces questions nous a été fournie par le théorème de Stokes. Comme le tourbillon en un point quelconque de l'espace ne dépend que de la variation du champ électrique en ce seul point et qu'il ne dépend en aucune façon des phénomènes qui peuvent se produire au même instant en d'autres points de l'espace, il est cer-

tain que les variations du flux de l'induction magnétique à travers une surface quelconque doivent être en concordance de phase avec le flux du vecteur tourbillon électrique à travers la même surface, c'est-à-dire avec la tension cyclique qui lui est identique.

» L'explication est donc aussi satisfaisante qu'on puisse le souhaiter, puisqu'il s'agit d'une *identité* mathématique.

» Le théorème de Stokes est si important, que M. Bouasse dit qu'« il devrait figurer au nombre des notions primordiales de la Physique, qui ne se contente pas de phrases creuses et d'analogies vaines ». J'ajoute que, si l'identité de Stokes a trait à une intégrale double, il suffit, pour l'appliquer, de posséder la notion de l'intégrale définie.

» Un mot encore : on a l'habitude de considérer la variation du champ magnétique comme la cause de la tension cyclique électrique. Hertz a montré qu'il est préférable de dire que « tout champ électrique qui n'est pas dépourvu de tourbillons ne laisse pas le champ électrique en repos ». C'est la disposition du champ électrique au temps t qui précise la variation du champ magnétique depuis cet instant jusqu'au temps $t + dt$. Ceci est important pour les ingénieurs, puisque, aussi bien dans les mesures que dans les projets, c'est presque toujours la tension cyclique qui est la donnée et la variation du flux magnétique qui est l'inconnue.

XII. — CONCLUSIONS.

» L'étude précédente montre que la loi de l'induction sous la forme classique de la boucle

$$\sum r_v i_v = - \frac{d\Phi}{dt}$$

est applicable dans tous les cas de la pratique, à la condition expresse que Φ représente la totalité du flux.

» La formule des lignes de force coupées n'est utilisable que s'il s'agit d'un déplacement de corps matériel dans le champ stationnaire.

» La *f. e. m. d'induction* est une grandeur fictive. Les courants induits sont dus aux tourbillons électriques; les tourbillons de sur-

face seuls créent des courants utilisables; les tourbillons d'espace, ne pouvant se déplacer dans la direction du champ électrique, produisent seulement de l'échauffement; leur action est nuisible.

» La loi de l'induction, sous forme d'équation différentielle, donne le moyen de reconnaître tous les cas où il peut se former des tourbillons et tous les cas où il ne peut en exister.

» Les hypothèses d'un mouvement des lignes de force magnétiques et d'un entrainement des lignes d'induction avec la matière pondérable sont à rejeter complètement.

» La loi de l'induction explique pourquoi il est impossible de réaliser une machine à courants continus sans contact glissant; les modifications angulaires ne conduisent qu'à des variations périodiques du flux.

» Elle montre que le rôle des écrans magnétiques n'est nullement paradoxal; que, dans les induits dentés, il existe une petite action électromagnétique appliquée au cuivre, négligeable pratiquement devant l'action appliquée au fer.

» Elle prouve que « la force contre-électromotrice d'induction » (considérée comme tension cyclique) peut cesser instantanément, car elle est nécessairement en concordance de phase avec la variation du flux de l'induction magnétique à travers une surface fermée quelconque. Ce résultat théorique est parfaitement d'accord avec l'expérience; si l'on interrompt le circuit d'un arc alimenté par un courant constant et si l'on réunit les charbons aussitôt à un galvanomètre, l'aiguille du galvanomètre ne varie pas. Si l'on considère l'arc alimenté par des courants alternatifs, il ne doit pas y avoir de décalage de l'intensité par rapport à la différence de potentiel aux bornes; l'emploi de l'oscillographe double prouve, en effet, que les deux courbes des graphiques passent simultanément par leurs zéros.

» On sait aussi que la f. e. m. d'un *arc à courant continu silencieux* est liée à la longueur l de l'arc et à l'ampérage I par la formule

$$e = a + bl + \frac{c + dl}{I}.$$

» La puissance absorbée par l'arc variant linéairement en fonction de l'intensité du courant et de la longueur de l'arc, on a ima-

giné l'existence d'une *force contre-électromotrice*. Nous voyons *pourquoi cette hypothèse est parfaitement admissible*. La résistance de l'arc n'étant pas absolument régulière, le courant subit de faibles oscillations; donc le champ n'est pas stationnaire (le passage du courant dans les conducteurs donne naissance à des lignes de force magnétiques); il naît une tension cyclique très faible, de l'ordre du dixième de volt; aussi peut-on considérer *pratiquement* l'arc comme une résistance.

» Ces considérations mettent en évidence les avantages de l'analyse vectorielle dans un cas particulier de la théorie de l'Électromagnétisme. Elle permet de simplifier extrêmement les calculs, de faciliter le raisonnement et de « voir dans l'espace », les symboles rotation, divergence, gradient, etc., étant des opérateurs, c'est-à-dire des opérations abrégées d'une opération physique et non pas seulement des définitions. Si les notations vectorielles sont peu connues en France, cela tient à ce qu'on a malheureusement fait dépendre la connaissance des fonctions vectorielles de l'étude préliminaire de la théorie ardue des quantités complexes. Il n'y a aucune nécessité maintenant de prendre le chemin détourné des quaternions. Si, pour des problèmes concrets, on a besoin de coordonnées, on a tout intérêt, au contraire, à les éviter quand il s'agit de généralisations : « quand une maison est édifiée, à quoi bon » garder des échafaudages qui masquent la vue ? » (Emde.)

» C'est pourquoi je souhaite que l'analyse vectorielle fasse partie bientôt du programme d'enseignement des grandes Écoles, comme cela a lieu en Allemagne et en Angleterre. L'exposé de nombreuses questions qui intéressent non seulement l'homme de science, mais l'ingénieur, y gagnerait en clarté et en précision. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. de Baillehache de cette savante Communication.

La séance est levée à 10^h50^m du soir.

CORRESPONDANCE.

Dans l'étude très complète sur le *rayonnement des lampes à incandescence à filament métallique* que MM. Féry et Chéneveau ont présentée à la séance du 1^{er} décembre 1909 de la Société, les auteurs me font l'honneur de consacrer une Note (p. 688-689 du dernier *Bulletin*) à une petite remarque sur la loi empirique de Voit, que j'avais présentée au *Congrès de Lille de l'Association française pour l'avancement des Sciences*.

Je crains que la signification de cette remarque ait échappé à MM. Féry et Chéneveau, peut-être à cause de sa brièveté même. Voici le texte que j'avais donné et qui est paru dans le Volume des *Résumés des travaux du Congrès*. (Je dois d'ailleurs ajouter que cette remarque en dix lignes constitue tout ce que j'avais à dire sur la question et que je n'ai pas envoyé de Mémoire plus étendu.)

« *Remarque sur une loi empirique de consommation des lampes à incandescence à filament de carbone.* — La loi empirique de consommation d'une lampe à incandescence à filament de carbone, donnée par Voit,

$$I = kp^3,$$

I étant l'intensité lumineuse de la lampe, p le prix de revient de l'éclairage de cette lampe, peut se déduire de la formule théorique donnée par Plank pour le rayonnement du corps noir. Il suffit de poser la question pour la résoudre; on trouve alors que la loi de Voit n'est qu'approximativement exacte.

» Dans le cas du corps noir, elle serait valable sur un petit intervalle de température, au voisinage d'une certaine longueur d'onde λ , proportionnelle à la longueur d'onde λ_M de la radiation d'intensité maxima.

» Si $\varphi(m)$ est la racine non nulle de l'équation

$$\frac{\varphi}{m} = 1 - e^{-\varphi},$$

on a

$$\frac{\lambda}{\lambda_M} = \frac{\varphi(5)}{\varphi(12)} = \text{approximativement } \frac{5}{12}.$$

» Prenant en considération, d'une part, la loi de Wien, dite *du déplacement*, qui est d'ailleurs implicitement contenue dans la formule de Plank, d'autre part les valeurs numériques trouvées par MM. Kurlbaum,

Lummer, Pringsheim et Paschen, on aurait, en centimètres,

$$\lambda = \frac{0,1216}{T},$$

T étant la température absolue de la source. Pour $T = 1800^{\circ} + 273$ (M. Le Chatellier), on a

$$\lambda = 587 \text{ m}\mu;$$

c'est à peu près la longueur d'onde de la radiation jaune du sodium.

» L'intensité lumineuse est *alors* proportionnelle à la *douzième* puissance de la température absolue du filament. »

(Je souligne ici le mot *alors*, car c'est peut-être pour ne l'avoir pas remarqué que MM. Féry et Chéneveau se sont mépris sur la signification de ma remarque.)

Je ne crois pas, même aujourd'hui en transcrivant ces lignes, avoir dit nulle part que, « d'après les formules de Plank et les lois du rayonnement, *l'intensité lumineuse est proportionnelle à la douzième puissance de la température absolue du filament.* » Je n'ai formulé et ne revendique, quant à moi, aucune loi; ce que j'ai voulu dire, si je ne l'ai pas dit, est ceci : « Je suis frappé de ce fait que la loi si simple de Voit représente avec une grande approximation les conditions pratiques de fonctionnement des lampes à filament de charbon. » Je me pose alors la question :

» Par quel mécanisme la formule empirique de Voit, généralement adoptée dans la pratique par les électriciens, est-elle compatible avec la loi théorique du rayonnement du corps noir donné par Plank?

Pour éclaircir ce point et comparer les deux lois, je prends pour ordonnées les intensités lumineuses I , et pour abscisses le cube de la puissance dépensée, α^3 .

La loi de Plank est alors représentée par une certaine courbe, en supposant que toute la puissance est dissipée par une voie de rayonnement; la loi de Voit serait représentée par une droite issue de l'origine.

En faisant varier le paramètre λ , je trace toute une famille de courbes représentant la loi de Plank. Pour une température donnée, il y a une, et une seule, de ces courbes qui admet une tangente passant par l'origine, c'est-à-dire que, pour chaque température, il y a une longueur d'onde pour laquelle la loi de Plank et celle de Voit marchent parallèlement sur un petit intervalle de température.

Le mécanisme de la loi de Voit m'apparaît alors dans ce fait que, pour les températures de fonctionnement normal des lampes à filament de carbone, la longueur d'onde ainsi déterminée tombe précisément au voisinage du maximum de sensibilité de la rétine.

C'est *alors*, et *alors* seulement, que le rayonnement suit la loi de la 12^e puissance, loi qui a été énoncée effectivement, ainsi que le rappellent

nos érudits auteurs, par MM. Lummer et Kurlbaum. Si j'en parle, ce n'est pas pour me l'attribuer, mais seulement pour constater que, par l'intermédiaire de la loi de Stefan, *elle a la validité de celle de Voit*.

J'ajouterai d'ailleurs que ce fait que Lummer et Kurlbaum ont énoncé cette loi pour le *platine* ne me paraît pas une raison suffisante de croire « qu'elle ait plus de chance de s'appliquer aux lampes à filament métallique qu'à celles à filament de charbon ». Pour se faire une opinion sur ce point, il faudrait savoir laquelle des deux lois empiriques est la moins inexacte : celle de Voit pour le carbone ou celle de Lummer et Kurlbaum pour le platine ? ou même si la loi de la 12^e puissance n'est pas moins inexacte pour le charbon que pour le platine. Mais c'est évidemment une question sans importance ; au point de vue théorique, elle ne sera jamais qu'une loi approchée ; au point de vue de la pratique de l'éclairage, elle sera toujours suffisamment exacte, ainsi que celle de Voit, et d'un manières plus facile que les autres lois exponentielles, également empiriques.

Henri Chrétien.

Paris, le 8 janvier 1910.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Nous ne voyons aucun inconvénient à l'insertion de la Note de M. Chrétien, mais dans ce cas nous vous prions d'y joindre la réponse suivante :

M. Chrétien ne conteste pas que la formule de Voit $I = Kp^3$ ou $I = K'H^3$, ainsi que celle de MM. Lummer et Kurlbaum $I = K''T^{12}$ (qui est identique si le corps suit la loi de Stefan), ne soient des lois purement empiriques.

Contrairement à son assertion finale, nous ne pensons pas qu'il en soit tout à fait de même pour les lois nouvelles du rayonnement monochromatique qui présentent d'ailleurs un accord extrêmement remarquable avec l'expérience entre 900° et 2000° ⁽¹⁾.

C'est ce qui nous a fait penser qu'il serait intéressant de remplacer des relations manifestement fausses, et reconnues inexactes partout le monde et M. Chrétien lui-même, par une formule qui a au moins le mérite d'être démontrée *expérimentalement* entre 900° et 2000°, échelle bien plus étendue que celle dans laquelle il est utile d'étudier les lampes.

⁽¹⁾ LUMMER et PRINGSHEIM, *Verh. d. deutsch. phys. Ges.*, 1903, p. 3. Les résultats obtenus par ces auteurs sont qu'à 2300° absolus les trois lois du rayonnement (Stefan, Wien et loi du déplacement) concordent à 20% près, soit 1 pour 100, limite des erreurs de mesure.

Nous ne voyons donc pas l'intérêt qui subsiste à discuter avec quelle approximation telle ou telle loi inexacte représente un phénomène dans de petites limites. De nombreuses formules empiriques pourraient en effet être établies dans ce but; on fait ainsi quand on ne peut faire mieux, mais nous pensons que ce n'est pas le cas.

L'application de la formule exponentielle du rayonnement monochromatique, exprimée en fonction des watts, présente d'ailleurs un accord très satisfaisant non seulement avec nos mesures, mais aussi avec celles de M. Laporte; l'erreur maximum est de 3 pour 100. On arrive à 26 pour 100 d'erreur par la loi de la 12^e puissance (1).

Il ne nous semble donc plus intéressant de discuter : la cause est entendue.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de nos sentiments les plus distingués.

Ch. FÉRY et C. CHÉNEVEAU.

(1) Voir Tableau, p. 689.

BIBLIOGRAPHIE.

Théorie des moteurs thermiques, par E. JOUGUET. Encyclopédie scientifique, publiée sous la direction du Dr Toulouse. O. Doin et fils, éditeurs, Paris.

Le présent Ouvrage a uniquement pour objet la *théorie* des moteurs thermiques.

A cet effet, il contient l'exposé des lois physiques qui régissent le fonctionnement des appareils basés sur la *puissance motrice du feu*.

Les propositions fondamentales de la Thermodynamique et la notion de l'*Énergie utilisable*, suivant les idées de Maxwell, lord Kelvin et Gouy, servent de base à la théorie des machines thermiques et à la discussion des facteurs qui interviennent dans l'évaluation du rendement des machines à vapeur et des moteurs à gaz.

L'Électricité considérée comme forme de l'énergie électrostatique, Première Partie, par le Lieut.-Colonel E. ARIÈS. Librairie Hermann et fils, 6, rue de la Sorbonne.

L'étude du champ et de l'induction, les lois de Laplace et d'Ampère, la polarisation, la similitude des aimants et des solénoïdes électriques et le travail électrique, sont traités par l'Auteur, en ce qui concerne l'électrostatique, à un point de vue mathématique élevé.

Les isolants en Électrotechnique, par KARL WERNICKE, Ingénieur. Traduit de l'allemand par A. HALPHEN, Ingénieur électricien. Librairie polytechnique Ch. Béranger, éditeur.

Ce Volume pratique passe en revue les conditions auxquelles doivent satisfaire les matières isolantes, les essais à leur faire subir, et décrit les principaux isolants et leur emploi.

Cours d'Électricité, par M. H. PELLAT. Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris. Tome III : *Électrolyse, Électrocapillarité, Ions et Électrons*. Gauthier-Villars, imprimeur, quai des Grands-Augustins, 55.

Ce Volume, qui porte la date de 1908, reproduit le cours fait par M. Pellat à la Sorbonne, en 1907.

Les lois de l'électrolyse, la polarisation, l'électrocapillarité, un exposé de la question des ions gazeux et des électrons qui joue un si grand rôle dans la Science, l'étude des différences de potentiel au contact à laquelle notamment l'Auteur a apporté une contribution si importante, remplissent cette troisième Partie du *Cours d'Électricité* de façon magistrale.

Leçons d'Électrotechnique générale professées à l'École supérieure d'Électricité.

par P. JANET, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris, Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité. Tome I : *Généralités. Courants continus*. 3^e édition, revue et augmentée, 1909. Tome II : *Courants alternatifs sinusoïdaux et non sinusoïdaux. Alternateurs. Transformateurs*, 1910.

Si nous sommes un peu en retard pour signaler la 3^e édition du Tome I^{er} des *Leçons d'Électrotechnique* de M. Janet, du moins ne voulons-nous pas perdre de temps pour annoncer également l'apparition de la 3^e édition du Tome second, sous l'égide de l'année 1910, et traitant des courants alternatifs.

C'est toujours une bonne fortune de noter les nouvelles éditions d'un Ouvrage dont le succès si légitime affirme chaque fois davantage la réputation universelle de clarté, de précision et de méthode qui caractérise le maître de notre principale chaire d'enseignement technique de l'Électricité.

Il serait superflu de rappeler la division détaillée des *Leçons d'Électrotechnique générale* bien connues de tous ceux qui veulent se familiariser avec la *physiologie de l'Électrotechnique*, suivant la si heureuse expression de l'Auteur.

La théorie des courants alternatifs, par ALEXANDRE RUSSELL, M. A., M. I. E. E.,

Maître de conférences au collège de Gonville et Caius, à Cambridge, Maître de conférences de Mathématiques appliquées et Directeur de la section des Mesures à Faraday-House, Londres. Traduit de l'anglais par G. SELIGMANN-LUI, ancien élève de l'École Polytechnique, Inspecteur général des Télégraphes. Tome II. Gauthier-Villars, imprimeur.

Le premier Volume, consacré aux théorèmes généraux, a déjà été présenté ici.

Le second Volume traite principalement de la théorie des machines à courants alternatifs, générateurs et récepteurs, et des procédés de transmission de l'énergie.

Signalons en particulier : une étude très complète des fuites ou dispersion magnétique dans les machines en général, celle relative à la stabilité de marche entre machines couplées, la théorie complète des transformateurs avec et sans fer.

Ce second Volume de M. Alexandre Russell est à recommander tout spécialement à l'attention des ingénieurs chargés de l'étude des machines et de nos élèves des écoles techniques. Les uns et les autres y trouveront, sous une forme remarquablement soignée, les principes qui servent de base à l'étude actuelle des machines et tels qu'on souhaite de les voir exposés dans les écoles d'application.

Les découvertes modernes en Physique, par O. MANVILLE. 2^e édition, revue et augmentée. Paris, A. Hermann et fils, 1909; 1 volume in-8°, broché.

Cet Ouvrage n'est point, comme son titre pourrait le faire croire, un Ouvrage de vulgarisation scientifique. L'auteur a voulu écrire un traité didactique ayant pour but d'éviter la lecture des Mémoires originaux aux personnes qui désireraient se livrer à

l'étude des théories modernes de la Physique basées sur le transport de l'électricité par des particules chargées.

La tâche était lourde, et l'on ne saurait faire grief à l'auteur de n'y avoir qu'imcomplètement réussi.

Tel qu'il est, cet Ouvrage pourra rendre des services à ceux qui désirent se livrer à l'étude des phénomènes de conduction électrique.

Dans une première Partie, l'auteur rappelle les diverses expériences qui, dans les liquides aussi bien que dans les gaz, ont amené à la conception de particules chargées.

Dans la deuxième Partie purement théorique, l'auteur rappelle les théories de Nernst sur les électrolytes, de J.-J. Thomson sur la conduction dans les gaz. Il met en opposition les théories de Drude, de Thomson, de Lorentz sur la conductibilité dans les métaux et donne les principaux résultats auxquels sont arrivés ces physiciens. C'est surtout dans cette deuxième Partie que se manifestent les principaux défauts de l'Ouvrage, et c'est là qu'on est amené à regretter trop souvent que la nécessité de se limiter ait amené l'auteur à interrompre brusquement le sujet qu'il développait. C'est ainsi qu'après avoir exposé avec assez de détails les conceptions de Langevin sur les corps diamagnétiques, il se borne à résumer en quelques mots les résultats auxquels la théorie de ce physicien a conduit dans l'étude des corps paramagnétiques.

Un point également regrettable : c'est l'importance des *errata* et diverses négligences dans l'impression de l'Ouvrage qui rendent quelquefois sa lecture pénible.

Premières notions de télégraphie et de téléphonie sans fil, par BÉGÉBÉ. 1 volume 23^{cm} × 13^{cm} de 96 pages avec 69 figures. Baudry de Saunier (Bibliothèque *Omnia*), éditeur, Paris.

Bien qu'il existe certainement à l'heure actuelle un grand nombre d'Ouvrages de vulgarisation consacrés à la télégraphie et à la téléphonie sans fil, le présent Volume nous paraît particulièrement apte à donner de ces applications relativement récentes de l'électricité une idée claire et précise. La lecture en est des plus faciles, les développements un peu techniques étant imprimés en caractères plus fins que le reste de l'Ouvrage et pouvant ainsi aisément être laissés de côté dans une première lecture. En outre, l'auteur, qui se dissimule sous le pseudonyme un peu étrange de *Bégébé*, est à coup sûr un homme du métier, parfaitement au courant des derniers progrès réalisés et des installations les plus récentes. Il en résulte que son Livre est tout d'actualité, bien différent en cela des nombreux Ouvrages de vulgarisation où l'on ne trouve que la description de matériel démodé et de stations anciennes. La téléphonie sans fil nous a paru tout particulièrement traitée d'une façon remarquable, et indépendamment des gens du monde désireux de s'instruire, nous croyons que la lecture du présent Livre pourra intéresser bon nombre d'électriciens non spécialisés dans la question.



LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ELECTRICIENS.

(Suite.)

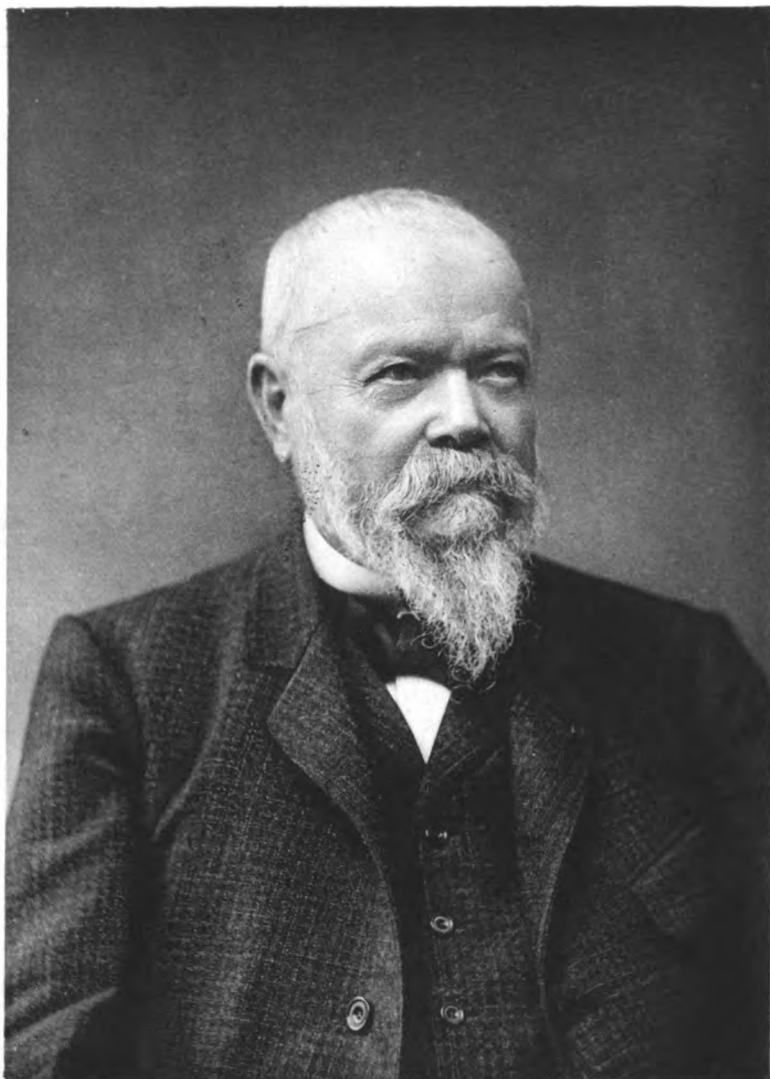
**La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société, tous les jours
de 3 heures à 6 heures, excepté les dimanches et jours de fêtes,
12, rue de Staël.**

France.

- Année électrique, électrothérapique et radiographique (L'). Revue annuelle des progrès électriques en 1909*, par le Dr FOVEAU DE COURMELLES. Paris, Ch. Béranger, 1910; 1 vol. in-12 broché. (*Don de l'éditeur.*)
- Cours pratique d'Électricité industrielle à l'usage des élèves des écoles de l'enseignement technique*, par HENRY CHEVALLIER. Tome II. Paris, Ch. Béranger, 1910; 1 vol. petit in-8°, relié toile. (*Don de l'éditeur.*)
- Notes et formules de l'ingénieur et du constructeur-mécanicien*, par DE LAHARPE. 16^e édition, revue, corrigée et considérablement augmentée, par Ch. VIGREUX et Ch. MILANDRE. Paris, Louis Geisler, 1910; 1 vol. in-12, cartonné toile. (*Don de l'éditeur.*)
- Ondes dirigées (Les) en Télégraphie sans fil et le problème de la Syntonie*, par Albert TURPAIN. La Rochelle, imp. E. Martin, 1909; 1 brochure in-8°. (*Don de l'auteur.*)
- Soude (La) électrolytique. Théorie, Laboratoire, Industrie*, par André BROCHET. Paris, Bernard Tignol, 1910; 1 vol. in-8, broché. (*Don de l'éditeur.*)
- Télégraphie sans fil (La) et les ondes électriques*, par G. BOULANGER et G. FERRIER. 7^e édition, augmentée et mise à jour. Paris-Nancy, Berger-Levrault et C^{ie}, 1909; 1 vol. in-8, relié toile souple. (*Don des éditeurs.*)

Étranger.

- Les industries de l'Électricité au Canada*, par Julien DALEMONT. Bruxelles, Office de la *Revue économique internationale*, 1909; 1 brochure in-8°. (*Don de l'auteur.*)
-



Héliog. Dujardin

Phot. E. Prou

HIPPOLYTE FONTAINE

1833 - 1910

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Admission de Membres titulaires, p. 132. — Candidats présentés pour le renouvellement partiel du Comité, p. 133. — Sur l'emploi du circuit intermédiaire de Stone en radiotélégraphie et en radiotéléphonie (M. **Béthenod**), p. 135. — Résultats obtenus au poste de radiotélégraphie de Boulogne-sur-Mer (M. **Tosi**), p. 147. — Recherches effectuées au Laboratoire central d'Electricité sur l'équivalent électrochimique de l'argent (MM. **F. Laporte** et **P. de la Gorce**), p. 157. — Recherches faites au Laboratoire central d'Electricité sur l'étalon de résistance et l'étalon de force électromotrice (M. **R. Jouaust**), p. 187.

BIBLIOGRAPHIE, p. 207.

OUVRAGES OFFERTS, p. 211.

« *La Société internationale des Électriciens* a eu la douleur de perdre un de ses anciens présidents et donateurs M. Hippolyte FONTAINE, décédé le 17 février 1910, à Hyères, à la suite d'une courte maladie.

» Né à Dijon le 12 avril 1833, Hippolyte FONTAINE était fils d'un menuisier. Sorti de l'École des Arts et Métiers de Châlons en 1851, il reste 7 ans aux ateliers d'Oullins comme modelleur et dessinateur; il remplit ensuite pendant trois années l'emploi de dessinateur aux Chemins de fer du Nord, puis, en 1863, il entre aux Docks de Saint-Ouen où il devient chef du bureau de dessin.

» Tout en s'acquittant ponctuellement de ses fonctions, il trouve les loisirs nécessaires pour étudier les Mathématiques supérieures, pour inventer une machine à vapeur récompensée d'une médaille d'or à l'Exposition de Lyon. Il fonde, en 1871, avec son camarade Amédée Breguet, la *Revue industrielle* et un office de Brevets.

Pendant le siège de Paris, il dirige une fonderie de canons en bronze.

» Au début de 1872, l'un des administrateurs des Docks de Saint-Ouen, le comte d'Ivernois, confie à Hippolyte Fontaine la direction d'une entreprise industrielle qu'il vient de fonder avec Zenobe Gramme pour l'exploitation d'une nouvelle machine magnéto-électrique. Dès le début, Hippolyte Fontaine fait preuve de qualités de premier ordre comme ingénieur et administrateur : il crée les premiers types de machines industrielles pour l'éclairage et la galvanoplastie ; cède à Louis Breguet, aux Sociétés Sautter-Lemonnier et Mignon et Rouart, des licences pour la construction de ces machines et fait, à l'Exposition de Vienne (1873), la première expérience publique de la réversibilité des machines dynamo-électriques en accouplant ensemble deux machines dont l'une fonctionnait en génératrice et l'autre en réceptrice. Jusqu'en 1901, il préside aux destinées de la Société Gramme.

» Tout en dirigeant celle-ci, Hippolyte Fontaine joue un rôle prépondérant dans plusieurs grandes affaires. En 1879, il est nommé président de la Société du Gaz de la banlieue de Paris et conserve ces fonctions jusqu'en 1900 ; la même année, il constitue le Syndicat de l'Électricité, devenu dans la suite le Syndicat professionnel des Industries électriques ; en 1882, il fonde la Société l'Éclairage électrique qui prend la suite de la Société Jablochkoff ; en 1883, il fonde la Compagnie électrique, qui a pour but l'application de l'électricité au transport de l'énergie ; en 1886, sous le contrôle de Potier, il montre la possibilité des transmissions d'énergie à grande distance par courant continu à haute tension, en employant quatre machines à 2500 volts accouplées en série ; de 1894 à 1899, il est président de la Compagnie des Métaux et, de 1896 à 1903, président de la Société de l'Acétylène dissous.

» Il importe d'insister particulièrement sur le rôle d'Hippolyte Fontaine en 1881, dans l'organisation de l'Exposition d'Électricité, dont le succès fut si retentissant. C'est lui qui assumait l'entière responsabilité de toutes les installations de force motrice et d'éclairage, et organisa les sections et le Jury ; puis, plus tard, il contribua à faire attribuer au Laboratoire central d'Électricité le

reliquat de 325000 fr des bénéfices de cette Exposition. C'est lui encore qui, pour résoudre la difficile question de l'éclairage de l'Exposition de 1889, forma entre les principaux exposants français et étrangers un consortium dont les résultats furent pleinement satisfaisants.

» Ces deux expositions lui valurent les croix de chevalier, puis d'officier de la Légion d'honneur.

» Pendant de longues années, Hippolyte Fontaine a été à la tête de l'industrie électrique en France. L'impartialité de son esprit et la justesse de son jugement faisaient rechercher ses conseils, si aimablement prodigués à ses collègues. De précieuses amitiés, telles que celles de Mascart et de Potier, ne lui ont pas manqué, non plus que les distinctions honorifiques de toutes sortes : juge au Tribunal de Commerce, président de la Société des anciens Élèves des Arts et Métiers, membre du Comité de la Société des Ingénieurs civils, président de la Société internationale des Électriciens, membre du Conseil d'administration de la Société d'Encouragement, président du Syndicat des Industries électriques, membre de la Commission permanente d'Électricité, membre du Conseil supérieur de l'Enseignement technique, président de l'une des sections du Jury de l'Électricité à l'Exposition de 1900.

» Au cours de ses nombreux travaux, Hippolyte Fontaine a eu l'occasion de publier un *Traité d'Éclairage par l'électricité*; un *Traité d'Électrolyse*, une *Monographie de l'Éclairage électrique à l'Exposition universelle de 1889*, ainsi qu'un grand nombre de Notices et de Rapports.

» Hippolyte Fontaine avait un cœur excellent : de nombreuses œuvres de bienfaisance trouvèrent en lui un collaborateur généreux et dévoué. »

**DISCOURS PRONONCÉ AUX OBSÈQUES D'HIPPOLYTE FONTAINE PAR M. D'ARSONVAL,
AU NOM DE LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.**

« MESSIEURS,

» La Société internationale des Électriciens s'incline avec douleur et reconnaissance devant ce cercueil.

» Elle apporte au glorieux disparu l'hommage de sa piété toute filiale.

» Elle n'oubliera jamais que c'est à Hyppolyte Fontaine qu'elle doit la possibilité première et de sa naissance et des fondations qui font aujourd'hui sa gloire.

» Notre Société est née de l'Exposition et du Congrès de 1881. Son commissaire général, Georges Berger, eut le grand mérite d'associer indissolublement la Science et l'Industrie électriques, à leur aurore. Il lui suffit pour cela de faire appel à la collaboration de deux grands hommes de bien : Hippolyte Fontaine et Mascart.

» Fontaine sut grouper autour de lui tous les représentants de la jeune industrie. Ses éminentes qualités d'organisateur et d'administrateur nous valurent ce boni de 325000 fr qui permit de fonder le Laboratoire central d'Électricité.

» Mascart, de son côté, sut réaliser l'accord des Électriciens de toutes les nationalités; son tact parfait les amena à doter la Science électrique de ce code et de ces unités qui établirent l'harmonie là où, à l'ouverture de ce Congrès, régnait encore, sinon la discorde, tout au moins l'arbitraire.

» L'Exposition et le Congrès de 1881 furent une révélation qui constitua pour la Science et l'Industrie françaises un triomphe éclatant. Il était bon de rappeler à qui surtout notre pays dut cette première revanche, toute pacifique, qui nous consola de bien des amertumes et de quelques abandons. Cette collaboration active et si efficace de Fontaine et de Mascart nous la retrouverons jusqu'à la fin dans les circonstances les plus variées, et au grand avantage de notre Société et de notre pays.

» Des voix plus autorisées vous diront dans quelques instants le

rôle capital joué par Fontaine dans la naissance et le développement de l'industrie électrique.

» Cette résolution fut rendue possible, chacun le sait, le jour où Gramme inventa la dynamo qui a rendu son nom immortel. Elle ne fut effective, en réalité, qu'au moment où l'Association de ces deux hommes leur permit de se compléter l'un par l'autre par la fusion intime du génie inventif de Gramme et du génie industriel de Fontaine.

» J'ai eu maintes fois la bonne fortune d'assister en intime aux échanges d'idées des deux associés. C'était au déjeuner qui suivait régulièrement la visite à l'usine. C'est là que j'ai pu voir quelles difficultés de tout ordre peut solutionner l'amitié alliée à la délicatesse.

» Fontaine ne fut pas seulement un administrateur habile; parfois il imagina des expériences mettant en évidence les propriétés de la machine Gramme d'une façon pratique et saisissante.

» Tel fut, par exemple, ce premier transport de force que, grâce à elle, il put réaliser à Vienne en 1873 et à Paris en 1886 par l'accouplement *en série* de dynamos industrielles réalisant simplement et sans danger les hauts voltages nécessaires.

» L'avenir prouve le bien-fondé de ces intuitions.

» Chez Fontaine l'homme privé était à la hauteur de l'industriel. J'ai été à même d'apprécier la profonde affection pleine de délicatesse que ses dehors, volontairement rudes, cherchaient à cacher à ses meilleurs amis. Son amitié préférait les actes aux paroles.

» Il ne voulut fonder une famille que le jour où, ayant triomphé des obstacles, il put se consacrer à elle tout entier.

» Il lui apporta les trésors de tendresse qu'il avait en réserve. Il se savait payé de retour et s'en montrait parfaitement heureux.

» Puisse cette certitude adoucir les regrets de ceux qui le pleurent. Ami cher et vénéré, votre noble existence méritait une belle fin. La vôtre fut admirable.

» La mort n'osa vous surprendre, elle vint à vous en respectant votre lumineuse intelligence. Vous l'avez accueillie debout avec la sérénité du philosophe antique et vous l'avez suivie avec le calme souverain que donne le devoir accompli. Au nom de cette Société des Électriciens qui fut votre œuvre préférée je vous adresse le suprême adieu. »

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 2 mars 1910 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. A. LARNAUDE, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8^h 40^m du soir.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

M. le Président annonce le décès de M. *Hippolyte Fontaine* dans les termes suivants :

« MES CHERS COLLÈGUES,

» La Société internationale des Électriciens vient d'être cruellement frappée par la perte d'un de ses plus anciens et dévoués présidents, M. H. Fontaine.

» Le rôle de M. H. Fontaine dans l'industrie électrique a été trop considérable pour que je puisse le rappeler en quelques mots : il sera fait à ce sujet une Notice spéciale insérée dans le prochain *Bulletin*.

» Qu'il me soit seulement permis de dire ici que M. H. Fontaine fut un de ceux auxquels le Laboratoire et l'École doivent leur existence.

» La prospérité de ces deux œuvres peut faire quelquefois oublier les difficultés qui ont entouré leur début, mais je crois être votre interprète en disant que nous conserverons pour M. H. Fontaine un sentiment de profonde gratitude.

» Le Bureau de notre Société a assisté aux obsèques et M. d'Ar-

(¹) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

sonval a bien voulu prendre la parole en notre nom. Nous exprimons ici à nouveau à la famille Fontaine l'assurance de notre douloureuse sympathie. »

M. le Président fait part ensuite du décès de M. *Izard* et en exprime ses regrets au nom de la Société.

M. le Secrétaire général donne connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque de la Société (*voir* p. 211) et des demandes d'admission suivantes :

MM.

Besseige (Jean-Paul-François), Ingénieur aux *Ateliers d'Électricité de MM. Schneider et C^{ie}*, à Champagne-sur-Seine (Seine-et-Marne). — Présenté par MM. Chaumat et Mazen.

Blesson (Jacques-André *de*), 45, avenue Trudaine à Paris. — Présenté par MM. de Pistoye et Cornabat.

Chalon (Marie-Paul-André), Ingénieur stagiaire aux *Ateliers Thomson-Houston*, 3, rue César-Franck, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Décorat (Alcide), Ingénieur à la *Société L'Éclairage Électrique*, 6, rue Montgallet, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Dulieux (Ferdinand-Raymond), Ingénieur, 3, rue Cretet, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Fabre (Pierre-Marie-Léon), Enseigne de Vaisseau, à bord du *Victor-Hugo*, 1^{re} escadre légère, à Toulon (Var). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Foucher (Georges), Ingénieur à la *Société d'Études spéciales et d'Installations industrielles*, 9, rue de la Douane, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Gaston-Dreyfus (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, 5, avenue Montaigne, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Goudet (Hugo-François-Joseph), Ingénieur en chef des essais auprès de la *Société italienne Westinghouse*, Vado-Ligure (Italie). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Guelpa (Gustave-Georges), Enseigne de Vaisseau, sous-marin *Cugno*, 37 *bis*, rue Duvivier, à Rochefort-sur-Mer (Charente-Inférieure). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Guitard (Pierre-Paul), 24, rue Visconti, à Paris. — Présenté par MM. Janet et F. Laporte.

Herzen (Hugo), Ingénieur chef des Services électriques à la *Compagnie des Mines de Marles*, rue de l'Hôpital, à Auchel (Pas-de-Calais). — Présenté par MM. Della Riccia et Nicolini.

Kupper (Arthur), Ingénieur-Constructeur, 36, rue Rochechouart, à Paris. — Présenté par MM. Richard Heller et Cadiot.

Lafargue (Pierre-Louis-Jean), Ingénieur au *Bureau technique de l'Électricité*, 19, rue de la Source, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Lauthier (Edmond-Julien), Ingénieur-Électricien E-S-E. breveté des Écoles nationales

MM.

d'Arts et Métiers, Directeur de l'*Usine électrique d'Hanoï*, (société indo-chinoise d'Électricité), à Hanoï (Tonkin). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Mangue (Paul), Ingénieur à la *Compagnie électrique Loue-Lizon*, Auxonne (Côte-d'Or). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Millien (Edmond), Ingénieur, aux Grandes Chenevières, par Corbigny (Nièvre). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Monteils (Henry), Ingénieur aux *Services électrique des Usines métallurgiques du Hainaut*, 1, rue de la Fonderie, à Charleroi (Belgique). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Odin (Jean-Antoine-Joseph), Capitaine d'infanterie coloniale, 8, rue de la Tombe-Issoire à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Oury (Lucien-Fernand), 89, quai d'Orléans au Havre (Seine-Inférieure). — Présenté par MM. Coze et Victor.

Pacault (Auguste-Jules), Chef du Service technique à la *Manufacture de gros appareillage électrique*, 191, rue de Charonne, à Paris. — Présenté par MM. Sciana et Brunswick.

Pannellier (André), 22, rue du Pont, à Vitry-le-François (Marne). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Sandau (Jacques), 4, rue Barye, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Vassilière (Joseph-Louis-Frédéric), 139, rue de Lonchamp, à Paris. — Présenté par MM. Parodi et Guilbert.

Villeneuve (Marie-Joseph-Émile), Attaché au *Service de la Traction des Chemins de fer du Midi*, 10, rue Buffon, à Bordeaux (Gironde). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

Conformément à l'article 14 du Règlement intérieur, M. le Président porte à la connaissance de la Réunion la liste suivante des Candidats présentés aux suffrages de la Société en vue du renouvellement statutaire du Bureau, du Comité d'administration et de la Commission des Comptes :

PRÉSIDENT

pour l'exercice 1911-1912 :

MM.

Lippmann (G.), Membre de l'Institut.

VICE-PRÉSIDENTS :

Berthelot (D.), Professeur à l'Université de Paris.

Maugas (G.), Ingénieur en chef de la Marine.

TRÉSORIER :

Violet (L.), Ingénieur.

SECRÉTAIRES :

France (de), Ingénieur civil des Mines.

Girault (P.), Ingénieur aux *Ateliers Thomson-Houston*.

MEMBRES :

Aliamet (M.), Sous-Ingénieur, Inspecteur en chef du Laboratoire électrotechnique du *Chemin de fer du Nord*.

André (H.), Ingénieur en chef à la *Société de matériel téléphonique G. Aboilard et C^{te}*.

Arnoux (R.), Ingénieur constructeur.

Boistel (E.), Ingénieur conseil.

Boutin (M.), Ingénieur des Arts et Manufactures.

Brachet (H.), Directeur de la *Compagnie d'éclairage électrique du Secteur des Champs-Élysées*.

Brocq, Ingénieur des Arts et Manufactures.

Ferrié (G.), Chef de bataillon du Génie.

Javaux (E.), Président du Conseil et Administrateur délégué de la *Société Gramme*.

Larnaude (A.), Ingénieur des Arts et Manufactures.

Mascart (Léon), Directeur de la *Société des Établissements Henry Lepaute*.

Meyer-May (A.), Directeur des constructions électriques à la *Société industrielle des Téléphones*.

Mongin (E.), Ingénieur.

Parodi (H.), Ingénieur des Services électriques à la *Compagnie des Chemins de fer d'Orléans*.

Tosi (A.), Ingénieur.

Traz (J. de), Secrétaire de la direction de la *Compagnie française de Métaux*.

Turenne (Paul), Ingénieur.

Zetter (Ch.), Directeur de la *Compagnie française d'Appareillage électrique*.

COMMISSION DES COMPTES POUR 1910 :

Cellerier (J.), Directeur du Laboratoire d'essais au Conservatoire national des Arts et Métiers.

Lorin (Ch.), Ingénieur des Arts et Manufactures.

Sartiaux (E.), Ingénieur, chef des services électriques au *Chemin de fer du Nord*.

L'ordre du jour appelle les communications techniques.

**SUR L'EMPLOI DU CIRCUIT INTERMÉDIAIRE DE STONE EN RADIOTÉLÉGRAPHIE
ET EN RADIOTÉLÉPHONIE.**

M. BETHENOD. — « Messieurs, je m'étais proposé de vous présenter ce soir un Rapport sur la construction et l'étalonnement des ondemètres, rapport qu'avait bien voulu me confier M. Armagnat, président de la sixième Section. Diverses circonstances m'ont obligé à renvoyer cette présentation à l'une des prochaines séances, et cette décision m'a paru d'autant plus justifiée que je pourrai alors sans doute vous communiquer les résultats d'essais méthodiques entrepris actuellement sur l'établissement d'un ondemètre étalon. Je vous prierai donc de m'excuser et d'accueillir avec bienveillance la présente Communication, relative à un sujet un peu spécial peut-être, mais offrant à l'heure actuelle un certain intérêt.

» Comme vous le savez, l'un des progrès les plus sensibles en radiotélégraphie a été réalisé lorsqu'on a songé à exciter l'antenne, non plus directement suivant la méthode primitive de Marconi, mais indirectement au moyen d'un circuit composé d'une self-induction et d'un condensateur chargé à haute tension ; la décharge brusque de celui-ci à travers un éclateur intercalé dans le circuit donne lieu à un courant oscillant amorti, et finalement ce dernier, par le moyen d'un transformateur Tesla par exemple, provoque dans l'antenne un courant induit de même nature, c'est-à-dire susceptible d'engendrer dans l'espace des ondes électromagnétiques. Indépendamment de l'avantage d'un tel système au point de vue de la facilité de mettre en jeu une énergie élevée, il possède également celui très appréciable de rendre l'amortissement des ondes émises notablement inférieur à l'amortissement de l'antenne considérée isolément. Il en résulte que malgré son inconvénient bien connu d'entraîner la présence simultanée de deux ondes amorties de périodes différentes, ce système a été universellement adopté, en raison des excellents résultats qu'il a fournis en pratique. On a alors cherché à réaliser un montage présentant des avantages encore plus marqués au point de vue de la syntonie (celle-ci étant d'ailleurs

évidemment d'autant plus nette que l'amortissement des ondes émises est plus faible), et c'est ainsi que M. John Stone Stone, un des savants américains qui ont le plus contribué aux progrès de la radiotélégraphie, a proposé l'ingénieux artifice suivant :

» Le transformateur Tesla, alimenté par le circuit oscillant primaire C_1EP (*fig. 1*), n'agit plus directement sur l'antenne, comme

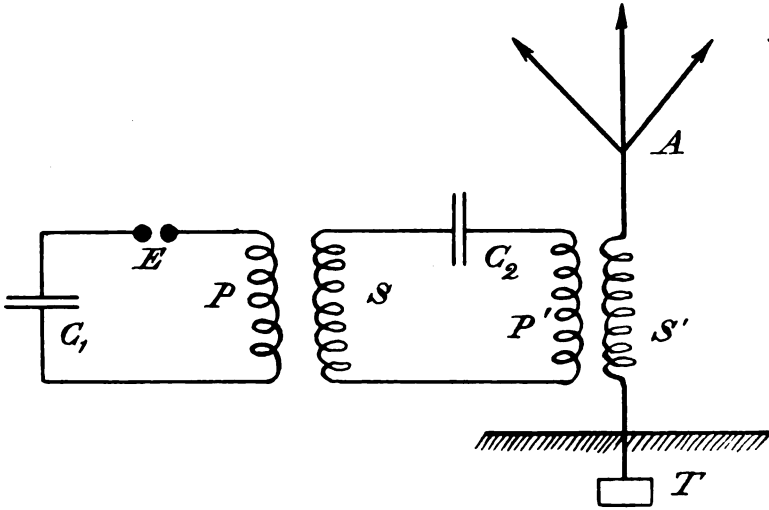


Fig. 1.

dans le montage normal, mais son enroulement secondaire S est fermé sur un deuxième circuit oscillant comportant également un condensateur C_2 , et c'est seulement ce dernier circuit qui, par l'intermédiaire d'un second transformateur $P'S'$, agit sur le système antenne-terre AT . Lorsque l'étincelle éclate en E et provoque la décharge oscillante du condensateur C_1 , l'énergie libérée est donc transmise à l'antenne A au moyen d'une double transformation ⁽¹⁾. A vrai dire, M. Stone lui-même ne semble pas avoir donné jusqu'ici une explication bien précise du rôle du circuit intermédiaire SC_2P' (*fig. 1*); il se contente, dans les nombreux brevets qui protègent son invention, de déclarer que l'augmentation de syntonie par l'emploi du circuit oscillant intermédiaire SC_2P' est due « à la propriété » bien connue de ce genre de circuit de favoriser le développement

⁽¹⁾ Un montage analogue peut évidemment être employé pour la réception; le circuit C_1EP comporte alors le détecteur au lieu de l'éclateur E .

» d'un courant de la périodicité à laquelle il est accordé, et de
 » s'opposer fortement au développement de courants d'une autre
 » périodicité ».

» Une telle explication des résultats très sensibles obtenus effectivement en pratique peut sembler un peu sommaire, surtout en ce qui concerne la transmission. Comme d'autre part le montage en question a donné lieu récemment à quelques applications intéressantes et que cependant on semble en être resté à peu près à l'explication fournie par M. Stone, il m'a paru d'une certaine utilité de publier les conclusions auxquelles un examen plus approfondi de la question m'a conduit. Voici comment on peut, à mon avis, se poser le problème : l'ensemble formé par les trois circuits de la figure 1 (le système antenne-terre étant supposé remplacé comme d'habitude par un circuit équivalent) peut être le siège d'oscillations libres, ayant des fréquences et des amortissements déterminés, et ses propriétés au point de vue de la syntonie dépendent essentiellement des valeurs de ses constantes. Il importe donc en premier lieu de les calculer et dans ce but j'emploierai la méthode suivante, que j'ai déjà utilisée pour des problèmes analogues (1) et qui, dans le cas présent, me paraît seule susceptible de conduire à la solution.

» Dans le cas d'un régime libre, les courants et les tensions sont amortis et peuvent par conséquent être représentés symboliquement par des exponentielles de la forme

$$e^{-\alpha t + j\beta t} \quad (j = \sqrt{-1}),$$

c'est-à-dire que, pour obtenir la dérivée ou la fonction primitive de l'une de ces quantités représentées symboliquement, il suffit de la multiplier ou de la diviser par $-\alpha + \beta j$.

» Posons maintenant $-\alpha + \beta j = \omega j$; d'où

$$(1) \quad \omega = \beta + \alpha j;$$

la dérivée et la fonction primitive s'obtiennent alors en multipliant ou en divisant par ωj , comme avec les oscillations harmoniques non amorties, et l'on peut suivre la même marche de calcul. Il suf-

(1) Cf. *Sur le calcul de l'amortissement d'une antenne excitée indirectement en dérivation* (*La Lumière Électrique*, 2^e série, t. VIII, 2 octobre 1909, p. 15).

fit, lorsqu'on arrive à la séparation des quantités réelles et imaginaires, de tenir compte de l'égalité (1), α et β étant des quantités réelles.

» En d'autres termes, dans le cas d'oscillations amorties, on peut opérer comme dans celui où l'on suppose l'amortissement nul, à condition de regarder la vitesse de pulsation ω correspondant à une oscillation déterminée comme une quantité complexe définie par l'égalité (1).

» En utilisant cette remarque, on peut, d'après la figure 1, écrire les équations du régime libre comme suit :

$$(2) \quad \begin{cases} 0 = R_1 I_1 + L_1 \omega I_1 j - \frac{I_1}{C_1 \omega} j + M_{12} \omega I_2 j, \\ 0 = R_2 I_2 + L_2 \omega I_2 j - \frac{I_2}{C_2 \omega} j + M_{12} \omega I_1 j + M_{23} \omega I_3 j, \\ 0 = R_3 I_3 + L_3 \omega I_3 j - \frac{I_3}{C_3 \omega} j + M_{23} \omega I_2 j, \end{cases}$$

en désignant par :

I_1, I_2, I_3 , les courants traversant respectivement les circuits $C_1 EP$,

$SC_2 P'$, et le circuit équivalent au système antenne-terre AST ;

C_1, C_2, C_3 , les capacités correspondantes;

R_1, R_2, R_3 , les résistances;

L_1, L_2, L_3 , les coefficients de self-induction (L_2 désigne naturellement la self-induction *totale* du circuit $SC_2 P'$, y compris celle des enroulements S et P');

M_{12} , le coefficient d'induction mutuelle entre S et P ;

M_{23} , celui entre S' et P' .

» En tirant de la première et de la dernière des équations (2) les valeurs complexes des rapports $\frac{I_1}{I_2}, \frac{I_3}{I_2}$ et en les portant dans la deuxième, il vient

$$(3) \quad 0 = R_2 + L_2 \omega j - \frac{1}{C_2 \omega} j + \frac{M_{12}^2 \omega^2}{R_1 + L_1 \omega j - \frac{1}{C_1 \omega} j} + \frac{M_{23}^2 \omega^2}{R_3 + L_3 \omega j - \frac{1}{C_3 \omega} j}.$$

» Il suffit dès lors de remplacer ω par sa valeur (1) et de séparer dans (3) les quantités réelles et imaginaires; on obtient ainsi deux équations permettant de déterminer β et α . Ainsi posé dans toute sa généralité, le problème conduit à des équations trop compliquées

pour être utilisables; on reconnaît toutefois aisément, lorsque les résistances ohmiques R_1 , R_2 , R_3 sont très faibles, que l'équation (3) fournit pour β^2 trois valeurs, ce qui correspondrait à l'existence de trois oscillations simultanées de fréquences différentes dans le système envisagé. En pratique, on accorde heureusement d'ordinaire les trois circuits entre eux en faisant

$$(4) \quad L_1 C_1 = L_2 C_2 = L_3 C_3 = \frac{1}{\Omega^2};$$

l'équation (3) devient alors beaucoup plus commode à discuter et l'on peut poursuivre le calcul jusqu'au bout.

» Toutefois, avant d'entreprendre le calcul général, nous traiterons le cas très simple dans lequel toutes les résistances ohmiques sont suffisamment réduites pour qu'on puisse négliger leur effet⁽¹⁾; dans ce cas théorique, on a alors évidemment affaire à des ondes libres non amorties ($\alpha = 0$) et les valeurs de β^2 s'obtiennent immédiatement comme suit :

» Désignons suivant l'usage par

$$k_{12} = \sqrt{\frac{M_{12}^2}{L_1 L_2}} < 1$$

et

$$k_{23} = \sqrt{\frac{M_{23}^2}{L_2 L_3}} < 1$$

les coefficients d'accouplement; en tenant compte, en outre, de (4), l'équation (3) devient

$$(5) \quad \omega - \frac{\Omega^2}{\omega} - \frac{k_{12}^2 \omega^2}{\omega - \frac{\Omega^2}{\omega}} - \frac{k_{23}^2 \omega^2}{\omega - \frac{\Omega^2}{\omega}} = 0,$$

d'où l'on tire immédiatement

$$\omega - \frac{\Omega^2}{\omega} = \pm \omega \sqrt{k_{12}^2 + k_{23}^2}$$

ou finalement

$$(6) \quad \begin{aligned} \alpha &= 0, \\ \beta &= \omega = \pm \Omega \frac{1}{\sqrt{1 \mp k}}, \end{aligned}$$

⁽¹⁾ Comme on le verra dans la suite, l'examen préliminaire de ce cas théorique facilite notablement l'exposé du cas général où les amortissements ne sont pas nuls; il présente en même temps l'avantage de familiariser éventuellement le lecteur avec la méthode employée.

en posant pour simplifier l'écriture

$$(7) \quad k = \sqrt{k_{12}^2 + k_{23}^2}.$$

» La valeur positive convient seule évidemment pour β , de telle sorte que, d'après la formule (6), il n'existe dans le cas particulier que nous envisageons (amortissements nuls, circuits accordés) que *deux valeurs* pour la fréquence propre du système de la figure 1 :

$$(8) \quad \begin{cases} f' = \frac{\beta'}{2\pi} = \frac{\Omega}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{1-k}}, \\ f'' = \frac{\beta''}{2\pi} = \frac{\Omega}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{1+k}}. \end{cases}$$

(L'existence de deux valeurs seulement pour β^2 s'explique d'ailleurs aisément en considérant l'équation (5) dans laquelle les deux derniers termes *ont le même dénominateur*, ce qui réduit au deuxième degré en ω^2 ladite équation.)

» L'examen des solutions (8) montre immédiatement l'extrême analogie du cas présent de trois circuits accordés avec celui de deux circuits traité initialement par Oberbeck; la seule différence consiste en ce que, dans le dernier cas, k désigne l'accouplement entre les deux circuits envisagés, tandis que dans le premier nous désignons ainsi la racine carrée de la somme des carrés des coefficients d'accouplement relatifs soit au circuit primaire et au circuit intermédiaire, d'une part, soit au circuit intermédiaire et au circuit équivalent à l'antenne, d'autre part.

» Revenons maintenant au cas plus réel où les amortissements α , sans cependant être négligeables, sont petits par rapport aux vitesses de pulsation propre β .

» En tenant compte encore de (4) et en posant comme d'habitude

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{R_1}{2L_1}, \\ \alpha_2 &= \frac{R_2}{2L_2}, \\ \alpha_3 &= \frac{R_3}{2L_3} \quad (1), \end{aligned}$$

(1) $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ désignent donc les coefficients d'amortissement respectifs des trois circuits considérés isolément.

l'équation (3) s'écrit

$$(3') \quad 0 = 2\alpha_2 + \left(\omega - \frac{\Omega^2}{\omega}\right)j + \frac{k_{12}^2 \omega^2}{2\alpha_1 + \left(\omega - \frac{\Omega^2}{\omega}\right)j} + \frac{k_{23}^2 \omega^2}{2\alpha_3 + \left(\omega - \frac{\Omega^2}{\omega}\right)j}.$$

» Remplaçons ω par sa valeur $\beta + \alpha j$; si l'on se limite au cas pratique où les coefficients d'amortissement sont petits par rapport aux vitesses de pulsation β , on peut négliger les termes en α^2 devant ceux en β^2 et admettre les égalités

$$\begin{aligned} \left(\omega - \frac{\Omega^2}{\omega}\right)j &= \beta j - \alpha - \frac{\Omega^2}{\beta^2}(\beta - \alpha j)j \\ &= \frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta}j - \alpha \frac{\Omega^2 + \beta^2}{\beta^2} \end{aligned}$$

et

$$\omega^2 = \beta^2 + 2\alpha\beta j.$$

» En divisant tous les membres de l'équation (3') par

$$2\alpha_2 + \left(\omega - \frac{\Omega^2}{\omega}\right)j$$

et en tenant compte des approximations précédentes, on peut l'écrire

$$\begin{aligned} (3'') \quad 0 = 1 + & \frac{k_{12}^2(\beta^2 + 2\alpha\beta j)}{\left(2\alpha_2 - \alpha \frac{\Omega^2 + \beta^2}{\beta^2} + \frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta}j\right)\left(2\alpha_1 - \alpha \frac{\Omega^2 + \beta^2}{\beta^2} + \frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta}j\right)} \\ & + \frac{k_{23}^2(\beta^2 + 2\alpha\beta j)}{\left(2\alpha_2 - \alpha \frac{\Omega^2 + \beta^2}{\beta^2} + \frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta}j\right)\left(2\alpha_3 - \alpha \frac{\Omega^2 + \beta^2}{\beta^2} + \frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta}j\right)}. \end{aligned}$$

» Faisons le produit des facteurs contenus aux dénominateurs; étant donné que les amortissements sont supposés très faibles par rapport aux vitesses de pulsation, il est à présumer, suivant une loi générale de la Physique, que les valeurs de β correspondant au cas présent ne diffèrent pas sensiblement des valeurs (8) trouvées ci-dessus dans le cas théorique où l'amortissement est nul; par conséquent, le terme $\left(\frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta}\right)^2$ est voisin de la valeur $\frac{k^2 \Omega^2}{1 \mp k}$, et si l'accouplement fictif k est suffisamment grand (¹), on peut en définitive négliger devant lui les termes en α^2 , $\alpha\alpha_1$, $\alpha\alpha_2$, $\alpha\alpha_3$, etc. L'équation

(¹) C'est le cas qui se présente normalement en pratique.

précédente devient alors

$$(9) \quad 0 = 1 + \frac{k_{12}^2 (\beta^2 + 2\alpha\beta j)}{\frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta} \left[-\frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta} + \left(2\alpha_1 + 2\alpha_2 - 2\alpha \frac{\Omega^2 + \beta^2}{\beta^2} \right) j \right]} + \frac{k_{23}^2 (\beta^2 + 2\alpha\beta j)}{\frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta} \left[-\frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta} + \left(2\alpha_3 + 2\alpha_2 - 2\alpha \frac{\Omega^2 + \beta^2}{\beta^2} \right) j \right]}.$$

» Si l'on chasse les dénominateurs en tenant compte de cette même simplification, et si l'on sépare enfin les quantités réelles et imaginaires, l'équation (9) se scinde en les deux égalités

$$(10) \quad \left(\frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta} \right)^2 - \left(\frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta} \right)^2 \beta^2 (k_{12}^2 + k_{23}^2) = 0$$

et

$$(11) \quad - \left(\frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta} \right)^3 \left(2\alpha_1 + 2\alpha_3 + 4\alpha_2 - 4\alpha \frac{\Omega^2 + \beta^2}{\beta^2} \right) + k_{12}^2 \beta^2 \left(2\alpha_3 + 2\alpha_2 - \alpha \frac{\Omega^2 + \beta^2}{\beta^2} \right) \left(\frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta} \right) + k_{23}^2 \beta^2 \left(2\alpha_1 + 2\alpha_2 - 2\alpha \frac{\Omega^2 + \beta^2}{\beta^2} \right) \left(\frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta} \right) - 2\alpha\beta (k_{12}^2 + k_{23}^2) \left(\frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta} \right)^2 = 0.$$

» En supprimant dans (10) le facteur commun $\left(\frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta} \right)^2$, qui est évidemment différent de zéro d'après (9), l'équation (10) prend la forme

$$(12) \quad \beta^2 = \frac{\Omega^2}{1 \mp k},$$

c'est-à-dire que les deux vitesses de pulsation propre du système de la figure 1, lorsque l'amortissement est faible, sont les mêmes que dans le cas théorique où on le suppose nul [formule (6)], résultat qu'on pouvait entrevoir *a priori*, ainsi que nous l'avons fait remarquer plus haut.

» Opérons de la même façon avec l'équation (11) en tenant compte en outre de la formule (12) qui permet d'écrire

$$\frac{\beta^2 - \Omega^2}{\beta} = \frac{\pm k \Omega}{\sqrt{1 \mp k}},$$

$$\frac{\Omega^2 + \beta^2}{\beta^2} = 2 \mp k.$$

» L'égalité (11) peut alors se simplifier comme suit :

$$-\frac{k^2}{1 \mp k} [\alpha_1 + 2\alpha_2 + \alpha_3 - 2\alpha(2 \mp k)] + k_{12}^2 \frac{1}{1 \mp k} [\alpha_3 + \alpha_2 - \alpha(2 \mp k)] \\ + k_{23}^2 \frac{1}{1 \mp k} [\alpha_1 + \alpha_2 - \alpha(2 \mp k)] - \alpha \frac{1}{\sqrt{1 \mp k}} k^2 \frac{\mp k}{\sqrt{1 \mp k}} = 0,$$

d'où l'on tire finalement après quelques réductions évidentes

$$(13) \quad \alpha = \frac{k_{12}^2 (\alpha_1 + \alpha_2) + k_{23}^2 (\alpha_2 + \alpha_3)}{2(1 \mp k)k^2}.$$

» En résumé, de tout ce qui précède, on peut tirer les résultats suivants, valables dans le cas où les trois circuits oscillants sont accordés ensemble et où l'amortissement est faible :

» 1° Le système formé par l'ensemble des trois circuits est susceptible de devenir le siège des deux oscillations libres simultanées dont les vitesses de pulsation β et les coefficients d'amortissement α sont définis par les égalités

$$(14) \quad \left\{ \begin{array}{l} \beta' = \frac{\Omega}{\sqrt{1-k}}, \\ \alpha' = \frac{k_{12}^2 (\alpha_1 + \alpha_2) + k_{23}^2 (\alpha_2 + \alpha_3)}{2(1-k)k^2} \end{array} \right.$$

et

$$(15) \quad \left\{ \begin{array}{l} \beta'' = \frac{\Omega}{\sqrt{1+k}}, \\ \alpha'' = \frac{k_{12}^2 (\alpha_1 + \alpha_2) + k_{23}^2 (\alpha_2 + \alpha_3)}{2(1+k)k^2}. \end{array} \right.$$

» On voit donc que l'onde de fréquence la plus faible (β'') est la moins amortie, comme dans le cas de deux circuits (1).

» 2° Les expressions (14) et (15) donnent lieu à des remarques

(1) Il convient de remarquer en passant qu'en réalité l'équation rigoureuse (3') est du sixième degré en ω , et que les solutions ci-dessus $\pm \beta' + \alpha'j$, $\pm \beta'' + \alpha''j$ n'ont été obtenues qu'au prix de certaines hypothèses (notamment en négligeant les α^2 -vis-à-vis des β^2) qui nous ont permis d'abaisser au quatrième degré l'équation en question. Indépendamment de ces racines, il peut donc exister en toute rigueur des solutions correspondant à des ondes purement amorties [lesquelles s'évanouissent évidemment en même temps que les amortissements α_1 , α_2 , α_3 , l'équation (5) étant effectivement du quatrième degré en ω]. La recherche de ces solutions ne présenterait aucun intérêt pratique; leur existence peut toutefois être entrevue en posant dans (3') $\lambda = \omega j$ et en discutant l'équation du sixième degré en λ ainsi obtenue.

très intéressantes sur le rôle du circuit intermédiaire de Stone : supposons en effet pour simplifier que les coefficients α_1 et α_2 soient petits par rapport au coefficient α_3 qui est celui du circuit équivalent à l'antenne ; la formule (13) devient

$$(16) \quad \alpha = \frac{\alpha_3}{2(1 \mp k)} \frac{k_{23}^2}{k_{12}^2 + k_{23}^2}.$$

» En comparant cette formule avec celle établie par Oberbeck dans le cas de deux circuits

$$\alpha = \frac{\alpha_3}{2(1 \mp k)},$$

on voit qu'à égalité du coefficient k , c'est-à-dire à égalité de différence entre les pulsations β' et β'' , les amortissements α sont diminués, dans le cas d'un circuit intermédiaire, dans le rapport

$$(17) \quad \eta = \frac{k_{23}^2}{k_{12}^2 + k_{23}^2}.$$

» Ce résultat constitue une explication très claire des avantages reconnus du circuit intermédiaire de Stone. *L'emploi de ce circuit procure en effet, d'après (17), une réduction très notable de l'amortissement lorsque le rapport $\frac{k_{12}}{k_{23}}$ est suffisamment grand.*

» Il en résulte une aptitude toute particulière soit à engendrer des ondes peu amorties, soit à favoriser l'effet produit à la réception par des ondes ayant la même fréquence propre que le système envisagé (*fig. 1*). Nous rappellerons à ce propos l'heureuse application de ce montage faite par MM. Colin et Jeance en radiotéléphonie⁽¹⁾ ; les bons résultats qu'ils en ont obtenus s'expliquent encore aisément au moyen des résultats exposés ci-dessus, si l'on se rappelle que d'après les expériences d'un certain nombre de physiciens et en particulier de M. le lieutenant de vaisseau Tissot⁽²⁾, l'arc de Poulsen ne donne lieu à un régime stable que lorsque l'amortissement des oscillations propres du système oscillant ne dépasse pas une certaine valeur.

(¹) Cf. *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, juillet 1909, p. 429 et suiv.

(²) C. Tissot, *Remarques sur la stabilité de l'arc de Poulsen* (*Bull. de la Soc. intern. des Electr.*, juillet 1909, p. 453 et suiv.).

» Il est du reste à remarquer que les formules précédentes sont également valables lorsque c'est le circuit intermédiaire SC_2P' qui est exciteur. Le montage proposé par M. C. Tissot pour augmenter la stabilité de l'arc Poulsen (fig. 2) (voir l'article précité, p. 460) est

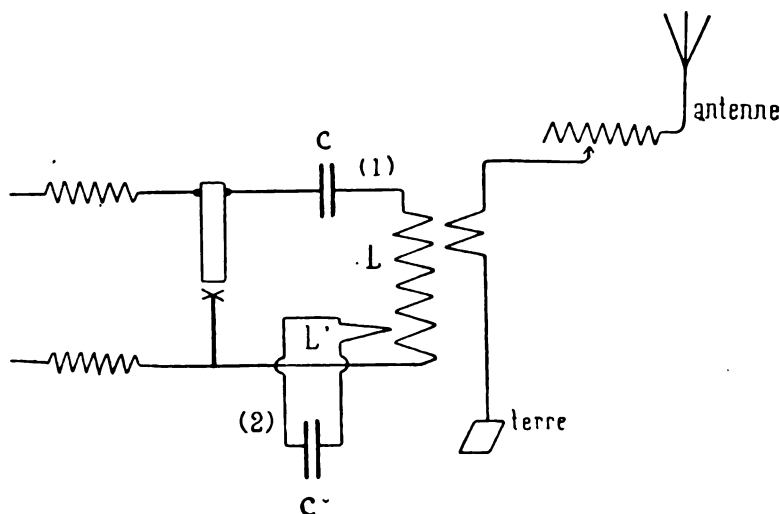


Fig. 2.

donc absolument équivalent, au point de vue qui nous occupe, au montage de Stone, et son succès s'explique de la même façon.

» Messieurs, si je me suis décidé à vous présenter une Communication sur un sujet aussi spécial, c'est surtout pour le motif suivant : j'ai souvent été frappé du peu de goût que semblent manifester la plupart des électriciens français à se servir, pour les calculs relatifs aux courants alternatifs, de la méthode des quantités complexes appelée parfois malencontreusement *calcul des imaginaires*. Si cette méthode, si répandue en Allemagne, en Angleterre et en Amérique ne s'est pas développée encore en France, c'est que sans doute on a trop souvent adopté pour son exposé une forme un peu obscure, imitée de celle suivie par certains auteurs étrangers.

» A mon avis, la meilleure manière d'opérer consiste à utiliser la méthode des quantités complexes seulement comme intermédiaire, en procédant de la façon suivante :

» Dans les problèmes d'électrotechnique, il s'agit par exemple d'obtenir les valeurs des divers courants circulant dans un appareil lorsqu'on fait varier certains facteurs (la vitesse, par exemple, s'il

très intéressantes sur le rôle du circuit intermédiaire de Stone : supposons en effet pour simplifier que les coefficients α_1 et α_2 soient petits par rapport au coefficient α_3 qui est celui du circuit équivalent à l'antenne ; la formule (13) devient

$$(16) \quad \alpha = \frac{\alpha_3}{2(1 \mp k)} \frac{k_{23}^2}{k_{12}^2 + k_{23}^2}.$$

» En comparant cette formule avec celle établie par Oberbeck dans le cas de deux circuits

$$\alpha = \frac{\alpha_3}{2(1 \mp k)},$$

on voit qu'à égalité du coefficient k , c'est-à-dire à égalité de différence entre les pulsations β' et β'' , les amortissements α sont diminués, dans le cas d'un circuit intermédiaire, dans le rapport

$$(17) \quad \eta = \frac{k_{13}^2}{k_{12}^2 + k_{23}^2}.$$

» Ce résultat constitue une explication très claire des avantages reconnus du circuit intermédiaire de Stone. *L'emploi de ce circuit procure en effet, d'après (17), une réduction très notable de l'amortissement lorsque le rapport $\frac{k_{13}^2}{k_{23}^2}$ est suffisamment grand.*

» Il en résulte une aptitude toute particulière soit à engendrer des ondes peu amorties, soit à favoriser l'effet produit à la réception par des ondes ayant la même fréquence propre que le système envisagé (*fig. 1*). Nous rappellerons à ce propos l'heureuse application de ce montage faite par MM. Colin et Jeance en radiotéléphonie⁽¹⁾ ; les bons résultats qu'ils en ont obtenus s'expliquent encore aisément au moyen des résultats exposés ci-dessus, si l'on se rappelle que d'après les expériences d'un certain nombre de physiciens et en particulier de M. le lieutenant de vaisseau Tissot⁽²⁾, l'arc de Poulsen ne donne lieu à un régime stable que lorsque l'amortissement des oscillations propres du système oscillant ne dépasse pas une certaine valeur.

(1) Cf. *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, juillet 1909, p. 429 et suiv.

(2) C. Tissot, *Remarques sur la stabilité de l'arc de Poulsen* (*Bull. de la Soc. intern. des Électr.*, juillet 1909, p. 453 et suiv.).

» Il est du reste à remarquer que les formules précédentes sont également valables lorsque c' est le circuit intermédiaire SC_2P' qui est exciteur. Le montage proposé par M. C. Tissot pour augmenter la stabilité de l'arc Poulsen (fig. 2) (voir l'article précité, p. 460) est

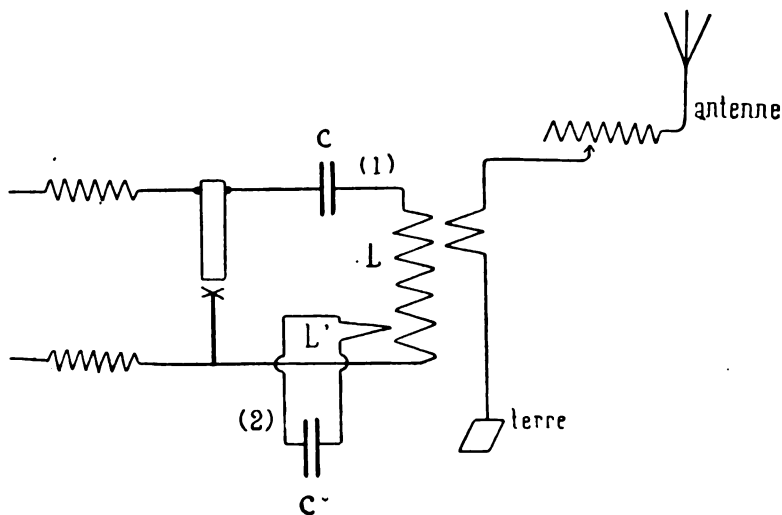


Fig. 2.

donc absolument équivalent, au point de vue qui nous occupe, au montage de Stone, et son succès s'explique de la même façon.

» Messieurs, si je me suis décidé à vous présenter une Communication sur un sujet aussi spécial, c'est surtout pour le motif suivant : j'ai souvent été frappé du peu de goût que semblent manifester la plupart des électriciens français à se servir, pour les calculs relatifs aux courants alternatifs, de la méthode des quantités complexes appelée parfois malencontreusement *calcul des imaginaires*. Si cette méthode, si répandue en Allemagne, en Angleterre et en Amérique ne s'est pas développée encore en France, c'est que sans doute on a trop souvent adopté pour son exposé une forme un peu obscure, imitée de celle suivie par certains auteurs étrangers.

» A mon avis, la meilleure manière d'opérer consiste à utiliser la méthode des quantités complexes seulement comme intermédiaire, en procédant de la façon suivante :

» Dans les problèmes d'électrotechnique, il s'agit par exemple d'obtenir les valeurs des divers courants circulant dans un appareil lorsqu'on fait varier certains facteurs (la vitesse, par exemple, s'il

s'agit d'une machine à organe mobile); au moyen des quantités symboliques, il est alors toujours facile de résoudre les équations différentielles simultanées qui définissent le problème. Une fois qu'on a obtenu ainsi la valeur complexe de l'un des courants, on peut aisément passer aux valeurs réelles et continuer graphiquement la discussion de ces valeurs s'il y a lieu.

» Il est d'ailleurs facile, avec un peu d'habitude, de se représenter à l'esprit l'équivalent graphique de chaque opération effectuée sur une quantité complexe, de telle sorte qu'une semblable méthode satisfait l'esprit tout aussi complètement que la méthode géométrique ordinaire. En outre, les résultats, étant sous forme réelle, ne peuvent donner lieu à des méprises comme celles qui se produisent avec les formules conservées sous forme complexe.

» Il est à noter enfin qu'un tel emploi des quantités complexes a été effectué par divers savants français, notamment par Vaschy, bien antérieurement à 1890 (¹), et qu'elle constitue par conséquent une méthode essentiellement française. Aussi ai-je pensé qu'il serait peut-être intéressant de montrer à nos jeunes collègues les avantages de cette méthode en choisissant comme exemple d'application un cas où la solution par les procédés usuels serait inextricable, et je serais heureux si mon exemple pouvait amener l'un de nous à faire une conférence d'ensemble sur la question, en insistant sur son caractère très élémentaire.

» Bien entendu, on ne saurait imposer le présent mode de calcul à ceux qui se sont déjà assimilés d'autres méthodes avec lesquelles ils ont entrepris et entreprendront encore des travaux d'une importance capitale. Il s'agirait seulement d'indiquer aux débutants la méthode la plus simple et la plus commode, et ce serait là déjà un but des plus intéressants.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Béthenod.

(¹) Cf. A. VASCHY, *Traité d'Électricité et de Magnétisme*, t. II, 1890, p. 94 et suiv.

RÉSULTATS OBTENUS AU POSTE RADIOTÉLÉGRAPHIQUE DE BOULOGNE-SUR-MER.

M. Tosi. — « Il y a un an à peu près, j'ai eu l'honneur de vous parler des propriétés de notre système radiotélégraphique dirigeable (Bellini-Tosi), caractérisé par l'emploi d'un radiateur spécial fixe relié à des appareils rotatifs spéciaux, les *radiogoniomètres*, qui permettent de faire varier la direction de communication par la rotation d'une simple bobine.

» Le radiateur spécial est formé par deux ou plusieurs aériens dirigeables, égaux, constitués par des couples d'antennes, symétriques par rapport à la verticale, en position invariable. On peut donner à ces aériens une orientation quelconque, mais le plus logique est de les disposer angulairement équidistants, à intersection commune, ce qui évite les influences irrégulières d'un aérien sur l'autre, en permettant en plus de graduer par des divisions équidistantes le cadran des radiogoniomètres auxquels les aériens sont reliés. Le radiateur le plus simple est celui qui est constitué par deux aériens dirigeables, égaux, perpendiculaires, reliés à un radiogoniomètre : cet appareil est formé de deux bobines fixes et une bobine mobile, le nombre des bobines fixes du radiogoniomètre étant égal à celui des aériens dirigeables.

» Dans ma Communication précédente, je vous ai exposé les résultats obtenus au point de vue de la dirigeabilité, qui avait été constatée dans des postes d'expérience. Actuellement, comme l'Administration des Postes et des Télégraphes vient d'installer à Boulogne-sur-Mer une station de notre système, je puis vous communiquer les résultats qu'on y a obtenus pratiquement au point de vue de la portée, et ce que je vais vous dire détruira une légende d'après laquelle la portée des aériens dirigeables devait être inférieure à celle des antennes ordinaires; vous verrez que c'est tout à fait le contraire.

» Les aériens dirigeables élémentaires, dont l'ensemble forme le radiateur spécial que nous employons, sont connus depuis longtemps. Au sujet de la forme à donner à ce type d'aérien, on sait

aussi depuis longtemps que l'aérien idéal, celui qui donne le rendement maximum, doit être constitué par deux antennes verticales hautes d'un quart d'onde, et espacées d'une demi-longueur d'onde.

» Étant donné le radiateur employé dans notre système, nous avons étudié en détail les propriétés de ces aériens et nous sommes arrivés aux conclusions théoriques suivantes ⁽¹⁾ :

» 1^o La portée d'un aérien dirigeable, constitué par deux antennes verticales espacées d'une demi-longueur d'onde, isolées du sol, reliées à leurs extrémités inférieures par un conducteur horizontal, est égale au double de la portée de l'antenne verticale ordinaire correspondante à rayonnement circulaire reliée à la terre;

» 2^o La portée d'un aérien dirigeable, constitué par deux antennes dans les conditions précédentes comme forme et connexions, mais placées à la distance d'un sixième de la longueur d'onde, est égale à la portée de l'antenne verticale ordinaire correspondante à rayonnement circulaire reliée à la terre.

» Voici comment ces prévisions théoriques ont été confirmées à la station de Boulogne.

» Le radiateur du poste est constitué par deux aériens dirigeables perpendiculaires soutenus par quatre câbles reliés à quatre pylônes métalliques comme le représente la planche I.

» Les pylônes ont 46 m de hauteur et sont placés aux quatre coins d'un carré de 80 m de côté. Chaque aérien dirigeable est formé par deux rideaux de six conducteurs de cuivre, parallèles, à la distance de 4 m l'un de l'autre; l'extrémité inférieure du rideau s'arrête à 8 m du sol et l'extrémité supérieure, en tenant compte de la flèche du câble de soutien et des isolateurs, est à 44 m de hauteur environ.

» Les rideaux ne sont pas verticaux, mais ils descendent inclinés, extérieurement aux côtés du carré, en formant un angle de 32° avec la verticale, de façon que la distance entre les extrémités inférieures de deux rideaux opposés, formant un aérien dirigeable, est de 127 m, tandis que les extrémités supérieures sont à 81 m.

⁽¹⁾ Voir *La Lumière électrique*, 27 janvier 1909; voir aussi *Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie*.

» Les raisons qui nous ont amenés à donner cette forme aux aériens sont les suivantes :

» La longueur d'onde choisie pour la station étant de 300 m, la distance entre les antennes de chaque aérien qui donne le maximum de portée suivant la théorie, est de 150 m. Les pylônes étant éloignés de 80 m, si l'on avait formé les aériens par des rideaux verticaux, on aurait eu, entre deux antennes opposées, une distance à peu près égale au quart d'onde, ce qui aurait donné une portée toujours supérieure à celle de l'antenne verticale correspondante, mais inférieure au maximum.

» Cependant, en considérant que c'est le ventre de courant qui donne le maximum de rayonnement, nous avons pensé que, en mettant à la distance de $\frac{\lambda}{2}$ simplement les ventres de courant des antennes opposées, on ne réduirait pas sensiblement la portée maxima, bien que les distances entre les parties hautes des antennes restassent ainsi au-dessous de $\frac{\lambda}{2}$. On évitait en plus, par ce dispositif, d'occuper une grande surface de terrain avec les pylônes et les haubans.

» C'est pour ces raisons que les parties hautes des antennes sont à 81 m de distance, tandis que les parties basses, où se trouve le ventre de courant, sont à 127 m, ce qui se rapproche sensiblement de la moitié d'une longueur d'onde.

» Les six conducteurs formant un rideau sont reliés métalliquement à la partie inférieure d'où se détachent les fils qui entrent dans le poste, celui-ci occupant le centre du carré.

» Les aériens dirigeables ainsi formés ont une longueur d'onde propre de 900 m environ : pour rayonner ou recevoir une onde de 300 m, on les excite suivant le troisième harmonique, c'est-à-dire suivant l'harmonique qui présente quatre ventres et trois nœuds de potentiel.

» Un poste auxiliaire, muni d'une antenne ordinaire reliée à un thermo-galvanomètre de Duddell, a été installé à la Colonne historique de la « Grande Armée », à 3 km de la station, pour les mesures de dirigeabilité et de portée. Cette distance, égale à 10 longueurs d'onde, est suffisante pour que l'on soit tout à fait à l'abri des influences locales de la station sur l'appareil de mesure et, pour

cette raison, les résultats atteints sont les mêmes que ceux qu'on obtiendrait à grande distance.

» Voilà la moyenne d'une longue série de mesures :

» En employant le système dirigeable, on avait au Duddell une déviation de 113 mm, le courant dans l'aérien étant de $K \times 0,175$ ampère.

» En employant un seul rideau comme antenne verticale, c'est-à-dire en reliant le rideau à une extrémité d'un des secondaires du radiogoniomètre de transmission, l'autre extrémité étant à la terre, on obtenait au Duddell une déviation de 35 mm ; le courant dans l'antenne étant égal à $K \times 0,240$ ampère (K est la constante du shunt de l'ampèremètre).

» Ces mesures ont eu lieu sans faire varier les conditions d'expérience et l'on remarque de suite que les deux courants diffèrent notablement ; cela est d'accord avec la théorie au point de vue qualitatif, mais pas tout à fait au point de vue quantitatif, car on sait que le courant dans l'antenne verticale devrait être double de celui de l'aérien dirigeable. Nous attribuons ce résultat au rôle toujours nuisible joué par la terre qui représente une résistance considérable et qui produit une absorption sensible d'énergie, ce qui d'ailleurs a été démontré à l'évidence par les importants travaux de M. Tissot et de Sir Oliver Lodge.

» C'est la résistance de la terre qui ne permet pas au courant de l'antenne, suivant nous, d'atteindre la valeur double par rapport à celle de l'aérien dirigeable.

» Comme les déviations du Duddell sont proportionnelles au carré de l'intensité du courant, il s'ensuit que si, dans les mesures faites, le courant dans l'antenne verticale au lieu d'être supérieur était égal à celui de l'aérien dirigeable, la déviation correspondante au Duddell aurait été de 19 mm au lieu de 35 mm. Par conséquent, l'énergie rayonnée par l'aérien dirigeable dans la direction de communication est pratiquement six fois plus grande que celle rayonnée uniformément par l'antenne verticale correspondante. Cela n'est pas d'accord avec la théorie qui donne le rapport de 1 à 4, mais la différence, suivant nous, est due, même dans ce cas, à l'influence de la terre.

» En résumé, la présence de la terre produit un avantage et

une perte qui se compensent approximativement; l'avantage est représenté par l'augmentation du courant dans l'antenne verticale reliée à la terre par rapport à l'aérien dirigeable isolé; la perte est représentée par l'énergie absorbée à cause de la résistance de la terre. Les deux déviations obtenues au Duddel (113 mm et 35 mm) montrent que la portée de l'aérien dirigeable du poste de Boulogne-sur-Mer est égale à celle de l'antenne verticale correspondante multipliée par 1,8. En tenant compte que la distance entre les extrémités inférieures des antennes opposées formant l'aérien, c'est-à-dire entre les ventres de courant, au lieu d'être égale à $\frac{\lambda}{2}$ (150 m dans notre cas) est égale à 127 m seulement, il est évident que la portée d'un aérien dirigeable, dont les antennes sont espacées de $\frac{\lambda}{2}$, est pratiquement double que celle de l'antenne verticale correspondante de même forme et dimension.

» Une conséquence immédiate de cette constatation est que le rendement d'un aérien dirigeable, formé par deux antennes verticales, ne diffère pas sensiblement du rendement d'un aérien dirigeable formé par deux antennes inclinées, pourvu que les ventres de courant dans les deux cas soient à la même distance et que les projections sur le plan vertical des antennes inclinées soient égales à la hauteur des antennes verticales.

» A ce que je viens d'exposer on pourrait objecter qu'un rideau du type indiqué, employé comme antenne verticale, oscillant suivant la troisième harmonique, n'est pas le meilleur type d'antenne de ce genre et qu'on pourrait atteindre des résultats supérieurs par l'emploi d'une antenne verticale usuelle excitée de la façon ordinaire.

» Je réponds immédiatement à cette objection :

» Dans le poste de Boulogne, l'Administration a installé, parallèlement à notre système, une antenne verticale ordinaire qui a la même hauteur que les rideaux et qui oscille, suivant l'oscillation fondamentale, en rayonnant une onde d'environ 300 m de longueur.

» Une série de mesures comparatives entre un rideau employé comme antenne ordinaire et l'antenne verticale en question, les courants dans les deux antennes étant sensiblement égaux, a donné

au Duddell les déviations suivantes :

Pour le rideau	35 mm
Pour l'antenne verticale	7 mm

» Les coefficients d'accouplement entre les aériens et le circuit exciteur étaient les mêmes dans les deux cas.

» Donc l'antenne verticale est inférieure au rideau comme rendement, et cela est facilement explicable parce que, tandis que

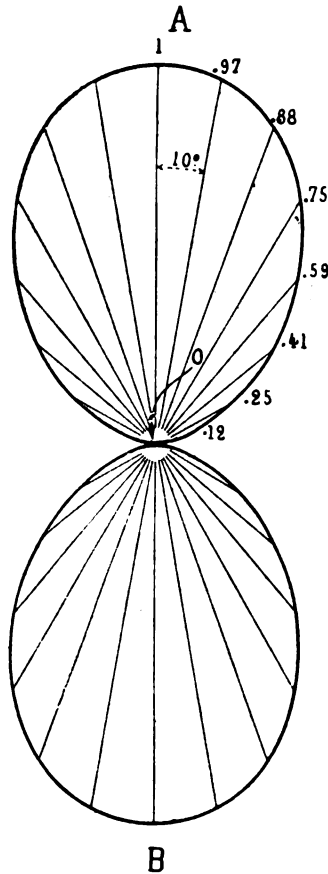


Fig. 1.

dans l'antenne verticale le ventre de courant est renfermé dans le poste et forme partie du secondaire du Tesla, dans le rideau ce ventre est à la base de l'antenne complètement dégagé et à Boulogne à 8 m du sol. Il est donc naturel que le rideau rayonne davantage.

» Les indications du Duddell ont été confirmées par les expériences à grande distance qui ont démontré que l'aérien dirigeable a une portée supérieure à celle de l'antenne verticale.

» Ces essais ont eu lieu avec un poste relativement rapproché, celui de Folkestone, à une quarantaine de kilomètres, et avec des postes plus éloignés, celui de Marseille (Saintes-Maries-de-la-Mer) et celui d'Alger (Fort-de-l'Eau). Ces postes ont toujours reçu très clairement les transmissions faites en employant notre système dirigeable, tandis que les transmissions de l'antenne verticale étaient beaucoup plus faibles. Quoique ces essais aient eu lieu la nuit, comme d'ailleurs toutes les communications à grande distance entre postes ordinaires, néanmoins les résultats sont très importants, si l'on tient compte de la distance entre Boulogne et Alger (1600 km environ dont 1100 sur terre), de la faible énergie employée (qui ne dépasse pas 500 watts dans le primaire de la bobine d'induction) et de ce que l'onde employée a seulement 300 m de longueur d'onde.

» Le diagramme de l'énergie rayonnée suivant les différentes directions, obtenu au Duddell, est de la même forme que celui obtenu aux essais; il est représenté par la figure 1.

» Quant à la réception, l'intensité avec le système dirigeable est plus grande que l'intensité de réception obtenue avec l'antenne verticale ordinaire, ou avec le rideau employé comme antenne verticale, pour les postes de 300 m de longueur d'onde; cela confirme la théorie également pour la réception.

» La planche II montre l'intérieur du poste, dans lequel on voit en haut le radiogoniomètre de transmission et en bas à droite celui de réception.

» Les résultats obtenus dans l'exploitation pratique de notre système radiotélégraphique dirigeable permettent d'arriver aux conclusions suivantes :

» 1° Le système assure au plus haut degré l'indépendance des communications grâce à ses propriétés de dirigeabilité et permet en même temps la variation instantanée de la direction de communication;

» 2° Le système permet de déterminer la direction d'un poste de position inconnue par un procédé instantané et exact;

» 3° La portée du système, à égalité d'énergie, est supérieure à celle de tous les autres systèmes connus.

» Ainsi le système pourra être employé avantageusement dans des postes terrestres de préférence aux autres systèmes à rayonnement circulaire à cause de ses propriétés caractéristiques. Nous ne croyons pas être loin de la vérité en affirmant que son emploi s'impose dans des pays où la terre est mauvaise conductrice et où, par suite, les systèmes ordinaires donneraient forcément de mauvais résultats, tandis que notre système, qui n'emploie pas de terre, donnera les résultats que je viens de vous exposer, même dans les déserts les plus arides.

» Le poste de Boulogne-sur-Mer est dans une position où un système à rayonnement ordinaire ne pourrait fonctionner que rarement sans être troublé par d'autres transmissions, étant donné le grand nombre de stations radiotélégraphiques environnantes. Pour cette raison, c'est le système dirigeable qui permettra dans les meilleures conditions le service constant des communications entre Boulogne-sur-Mer et les bateaux.

» Au point de vue de la navigation, un emploi spécial du système dirigeable dans le poste de Boulogne est celui de permettre aux bateaux, munis d'appareils radiotélégraphiques qui passent à portée du poste, de connaître en temps de brume leur position quand la côte est invisible. En effet, étant donné que le radiogoniomètre de réception permet de déterminer la direction d'un poste transmetteur avec l'approximation d'un degré environ, le poste de Boulogne, en recevant les signaux d'un bateau, pourra toujours en déterminer le relèvement, et le lui indiquer à un moment quelconque. En répétant cette opération suivant les procédés ordinaires de navigation bien connus, le bateau, grâce aux indications du poste de Boulogne, pourra connaître sa position en temps de brume, ce qui est impossible par tout autre moyen.

» A ce sujet, je profite de l'occasion pour vous communiquer les résultats obtenus par une application toute récente de la partie réceptrice de notre système. Cette application permet aux bateaux de déterminer leur position quand ils passent à portée d'un poste radiotélégraphique en fonction, d'un système quelconque, de la même façon qu'on fait le point en vue de terre avec le compas azimutal

ordinaire de bord. En effet, si l'on installe sur le bateau deux petits aériens dirigeables perpendiculaires, convenablement disposés, et si on les relie au radiogoniomètre de réception, on peut déterminer le relèvement d'un poste en fonction avec la même exactitude avec laquelle le compas azimutal détermine le relèvement d'un objet visible. Le bateau, pouvant déterminer ainsi l'azimut d'un point connu, pourra déterminer sa position en employant les procédés ordinaires de navigation.

» Comme il était intéressant de constater pratiquement le fonctionnement de ce dispositif à bord, nous nous sommes adressés à la Compagnie Générale Transatlantique qui a bien voulu mettre à notre disposition un de ses bateaux pour un essai complet. Grâce à l'amabilité de la Compagnie, nous avons installé les appareils sur le paquebot *Louisiane* sur lequel j'ai fait un voyage d'aller et retour Havre-New-York à la fin de l'année passée. Pendant ce voyage j'ai pu constater que la portée du dispositif était au moins égale à la portée maxima du compas azimutal de bord, soit une quarantaine de kilomètres. Avec le concours des officiers de la *Louisiane*, j'ai pu déterminer les relèvements de plusieurs postes radiotélégraphiques visibles en fonction en employant en même temps le compas azimutal et le radiogoniomètre; les relèvements obtenus ont toujours été identiques. En d'autres mots, étant donné que l'approximation des relèvements pris à bord est d'un degré quand on est dans les meilleures conditions, j'ai pu constater matériellement que les parties métalliques élevées du bateau n'ont aucune influence sur l'exactitude des relèvements obtenus par le radiogoniomètre, ce qui d'ailleurs ne faisait aucun doute *a priori*.

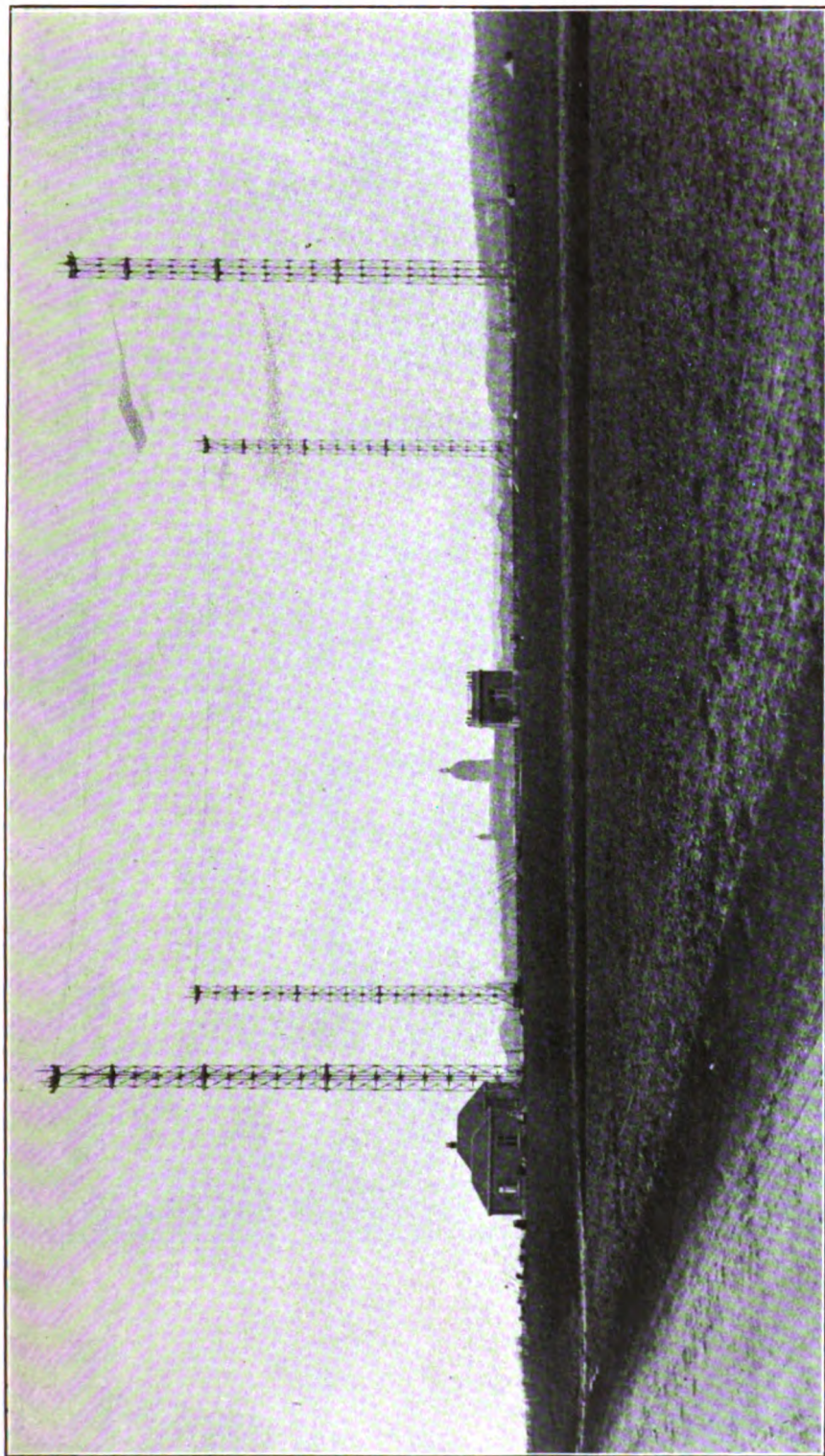
» Il est donc évident par ce qui précède que le radiogoniomètre employé de la façon indiquée permettra aux bateaux de faire leur point dans les parages d'un poste radiotélégraphique en fonction, quand les signaux sont invisibles, c'est-à-dire en temps de brume, ce qui jusqu'à présent était impossible.

» Le radiogoniomètre de réception devient dans ces conditions un *compas azimutal à ondes hertziennes*, qui trouve une application de la plus grande importance pour la sécurité de la navigation côtière en temps de brume, celle qui présente le plus de danger.

» On peut employer le *compas azimutal à ondes hertziennes* en

communiquant avec un poste de n'importe quel système; mais si un bateau muni de cet appareil détermine le relèvement d'un poste dirigeable comme celui de Boulogne, il aura l'avantage de pouvoir contrôler son relèvement par le relèvement réciproque qui lui sera indiqué par le poste dirigeable. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Tosi qu'il tient à féliciter tant pour les remarquables dispositions appliquées aux appareils de Boulogne que pour les brillants résultats de ses expériences.





**RECHERCHES EFFECTUÉES AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ
SUR L'ÉQUIVALENT ÉLECTROCHIMIQUE DE L'ARGENT;**

PAR MM. F. LAPORTE ET P. DE LA GORGE.

« L'étude des travaux effectués sur les unités électriques présente en ce moment des difficultés spéciales d'interprétation. Pour comparer en effet des résultats analogues, obtenus par des expérimentateurs différents, il est nécessaire de connaître avec toute la précision possible les valeurs relatives des unités utilisées. Si les physiciens ont universellement adopté la même terminologie et sont d'accord sur les unités C. G. S., on sait qu'il n'en est pas de même pour les unités pratiques; ils ne sont pas régis par des législations identiques et les progrès de la métrologie ont fait apparaître des différences notables entre leurs unités électriques respectives. Dans certains cas les rapports de ces unités sont connus d'une façon insuffisante et il devient impossible de rendre les résultats comparables.

» Étudions les dernières expériences publiées sur l'équivalent électrochimique de l'argent et bornons-nous aux trois travaux les plus récents parus en 1908 et 1909.

» Smith, Mather et Lowry donnent, comme conclusion de leur étude au National Physical Laboratory ⁽¹⁾, que le passage d'un coulomb dans le voltamètre qu'ils ont choisi comme normal donne un dépôt d'argent de

$$1,11827 \text{ mg.}$$

et ils estiment l'erreur probable à $3 \cdot 10^{-5}$.

» Cette mesure a été faite en grandeur absolue, ou dans des conditions tout à fait analogues, au moyen d'un électrodynamomètre dont la constante était déduite de ses dimensions géométriques. Le rapport du coulomb employé par Smith aux unités de quantité utilisées par d'autres expérimentateurs ne peut être déduit qu'in-

⁽¹⁾ SMITH, MATHER et LOWRY, *The silver voltameter* (*Phil. Trans. of the Royal Society*, série A, t. CCVII, 1908, p. 545-599).

directement; nous devons recourir à un autre travail ⁽¹⁾ dans lequel Ayrton, Mather et Smith ont déterminé, au moyen du même électrodynamomètre et d'une résistance de 1 ohm, la valeur de la force électromotrice de l'élément étalon Weston. Elle est donnée égale à

$$1,01818 \text{ volt}$$

pour l'élément à la température de 20° C.

» L'équivalent électrochimique de l'argent, conclusion du travail fait en 1908 au Laboratoire central d'Électricité ⁽²⁾, est

$$1,11821 \text{ mg par coulomb.}$$

» L'intensité du courant avait été également mesurée par un électrodynamomètre absolu. La valeur de la force électromotrice de l'élément normal Weston, déduite de l'intensité du courant donnée par le même appareil et d'une résistance évaluée d'après les étalons en usage en France, est

$$1,01869 \text{ volt } ^{(3)}.$$

» Jæger et von Steinwehr, dans leur travail effectué à la Physikalisch-Technische-Reichsanstalt ⁽⁴⁾, admettent suivant la législation de leur pays que l'équivalent électrochimique de l'argent est

$$1,11800 \text{ mg par coulomb.}$$

Partant de cette donnée, ils ont déterminé la valeur qui en résulte pour la force électromotrice de l'élément Weston, les résistances étant naturellement exprimées en fonction de l'ohm étalon allemand; cette valeur est

$$1,01834 \text{ volt.}$$

» On voit par ce simple exposé qu'il serait illusoire de vouloir

⁽¹⁾ AYRTON, MATHER et SMITH, *Ampere balance* (*Phil. Trans. of the Royal Society*), 1908).

⁽²⁾ P. JANET, F. LAPORTE et P. DE LA GORCE, *L'équivalent électrochimique de l'argent* (*Bulletin Soc. int. des Électriciens*, 2^e série, t. VIII, 1908, p. 523).

⁽³⁾ P. JANET, F. LAPORTE et R. JOUAUST, *Détermination par un électrodynamomètre absolu de la f. e. m. des éléments au cadmium* (*Bulletin Soc. int. des Électriciens*, 2^e série, t. VIII, 1908, p. 459).

⁽⁴⁾ JÆGER et VON STEINWEHR, *Untersuchungen über das Silbervoltameter* (*Zeits. für Instrumentenkunde*, t. XXVIII, 1908, p. 327).

comparer directement 1,11827, 1,11821 et 1,11800. Les deux premiers nombres résultent de l'emploi de deux appareils distincts, pouvant donner deux valeurs différentes pour le même courant, et le troisième nombre est fixé par la loi. On sait d'ailleurs par des mesures directes que les éléments Weston construits dans divers laboratoires sont très concordants et que des différences systématiques ne paraissent pas sûrement établies. Dans les conditions les plus défavorables, ces écarts atteindraient au plus quelques cent-millièmes, tandis que les valeurs que nous venons de donner, déterminées par des mesures absolues ou par le dépôt d'argent, sont : 1,01818, 1,01869 et 1,01834 et diffèrent entre elles de 5 dix-millièmes.

» Pour pouvoir faire une comparaison utile, nous allons transformer les résultats allemands et français de manière à les exprimer en fonction de l'ohm et de l'électrodynamomètre absolu anglais ; c'est d'ailleurs tout à fait arbitrairement que nous avons fait ce choix.

» Tout d'abord remarquons que les valeurs de la f. e. m. de l'élément au cadmium ont été déduites des différences de potentiel aux bornes de résistances connues quand elles sont traversées par les courants mesurés. Cherchons tout d'abord les rapports des unités de résistance employées.

» Entre l'ohm allemand et l'ohm anglais nous avons trouvé les comparaisons suivantes :

» M. Rosa, du Bureau of Standards de Washington, apporta en 1908 en Europe plusieurs résistances métalliques qui furent mesurées en Angleterre et en Allemagne. On déduit des valeurs trouvées pour les résistances de 1 ohm ⁽¹⁾

$$\text{ohm NPL} - \text{ohm PTR} = - 0,000019.$$

Une ancienne mesure ⁽²⁾ donnait

$$\text{ohm NPL} - \text{ohm PTR} = + 0,00004.$$

» Enfin de comparaisons faites en 1909 à Charlottenburg et à

⁽¹⁾ E.-B. ROSA, *A new form of standard resistances* (*Bull. of the Bureau of Standards*, t. V, 1909, p. 413).

⁽²⁾ *Die Tätigkeit der Phys. Techn. Reichsanstalt*, 1905. *Zeits. für Instrument*, 1906, p. 153.

Teddington, sur une résistance de 1 ohm appartenant au Laboratoire central d'Électricité, on peut déduire

$$\text{ohm NPL} - \text{ohm PTR} = + 0,00001.$$

» En présence de ces résultats très voisins en définitive nous croyons inutile d'apporter pour les ohms une correction à la valeur obtenue par le Laboratoire d'Allemagne.

» Entre l'ohm utilisé en Angleterre et l'ohm employé au Laboratoire central d'Électricité nous tirons de diverses expériences la relation moyenne suivante :

$$\text{ohm NPL} - \text{ohm LCE} = + 0,00012.$$

» Si donc les ohms employés avaient été les mêmes, les valeurs données pour la f. e. m. de l'élément au cadmium auraient été :

La valeur anglaise.....	1,018 18	reste	1,018 18
» allemande...	1,018 34	reste	1,018 34
» française...	1,018 69	devient	1,018 57

» Pour rendre comparables les nombres trouvés pour l'équivalent électrochimique de l'argent, il faut tenir compte des valeurs précédentes et de ce fait que les comparaisons directes des éléments ont montré leur concordance à quelques cent-millièmes. Les différences précédentes sont donc dues aux valeurs attribuées à une même intensité de courant dans chaque laboratoire et par conséquent les unités d'intensité de courant et de quantité d'électricité sont inversement proportionnelles à ces nombres. Les valeurs de l'équivalent électrochimique de l'argent qui résultent des expériences sont aussi inversement proportionnelles à ces nombres. Si nous les transformons de manière à les rendre comparables au résultat du Laboratoire d'Angleterre on obtient :

	Valeur trouvée.	Facteur de transformation.	Valeur ramenée aux bases anglaises.
N.P.L.	1,118 27		1,118 27
P.T.R.	1,118 00	1,000 16	1,118 18
L.C.E.	1,118 21	1,000 38	1,118 63

» La discordance des résultats, qui n'apparaissait pas dans les nombres publiés, devient notable pour les nombres rendus comparables; elle atteint une valeur supérieure à $4 \cdot 10^{-4}$.

» Une nouvelle série d'expériences s'imposait pour faire disparaître ou pour expliquer cette divergence. La Conférence de Londres en 1908 ayant adopté l'équivalent électrochimique de l'argent comme définition de l'ampère, seconde unité principale, donnait encore plus d'importance à ce travail, car il devenait urgent de rattacher les mesures du Laboratoire central d'Électricité à cette unité qui n'était pas usuelle. Elle n'a d'ailleurs pas jusqu'à présent en France de caractère légal.

» Grâce à la Caisse des Recherches scientifiques qui mit à la disposition de M. P. Janet, Directeur du Laboratoire, les fonds nécessaires, nous avons pu entreprendre ce travail, nous fournir des produits et appareils, et lui consacrer notre temps de juin à décembre 1909.

» En 1908 les expériences du Laboratoire central d'Électricité avaient été systématiquement limitées à des essais effectués dans des conditions aussi voisines que possible de celles qui étaient considérées comme normales au National Physical Laboratory, en laissant de côté toute comparaison de différents voltamètres ou de procédés variés pour la purification du sel employé. Dans les recherches dont nous allons rendre compte, nous n'avons aucunement voulu reprendre le travail si bien effectué au Laboratoire d'Angleterre; nous nous sommes systématiquement placés dans les mêmes conditions expérimentales pour rechercher la cause de la différence que nous avons signalée et nous avons été amenés à étudier l'influence de certains détails expérimentaux qui seront énumérés dans la suite. Comme on le verra, les causes de la divergence des résultats de 1908 ont pu être éliminées et les nouvelles expériences sont maintenant en bonne concordance.

I. — DESCRIPTION SOMMAIRE DES APPAREILS UTILISÉS ET DES MÉTHODES EMPLOYÉES.

» Le mode expérimental qui a été suivi reproduit dans son ensemble celui qui avait été employé en 1908 et qui a déjà été décrit (¹). Nous nous bornerons à préciser les points les plus importants.

(¹) Voir *Bulletin Soc. int. des Électriciens*, 2^e série, t. VIII, 1908, p. 523.

» 1^o **VOLTAMÈTRE.** — C'est le montage classique connu sous le nom de *Lord Rayleigh* qui a été presque uniquement employé. Dans beaucoup d'expériences deux voltamètres étaient placés en série.

» **Cathodes.** — Les deux cathodes en platine avaient toutes les deux la même forme très voisine d'une demi-sphère. L'une d'elles, désignée par la lettre A, avait 10 cm environ de diamètre. L'autre, B, un peu plus petite, 9 cm environ. Les surfaces intérieures mouillées par l'électrolyte avaient respectivement comme aires 155 et 125 cm² environ. Les poids des deux coupelles étaient de 88 g et de 55 g. Pendant le cours de ces expériences (de juin à décembre) la cathode A a perdu progressivement 3 mg et la capsule B, 1 mg.

» **Anodes.** — On a employé une coupelle d'argent hémisphérique de 5,4 cm de diamètre, qui se trouvait maintenue par une tige d'argent rivée à son sommet. Il nous a paru intéressant de conserver cette forme qui permet d'avoir pour les deux électrodes des faces parallèles.

» On a également utilisé comme anode un disque d'argent avec une tige rivée en son centre. Le diamètre était de 6 cm. Avec la demi-sphère le dépôt sur la cathode paraissait être plus uniformément réparti qu'avec le disque. Il semblait être cependant un peu plus abondant au fond. Avec le disque le dépôt était notablement plus dense sur les bords.

» Dans les expériences effectuées avec un voltamètre à électrodes séparées réunies par un siphon, on employa une anode d'argent hémisphérique, de 10 cm de diamètre, semblable à la cathode A. Le voltamètre était tout à fait symétrique.

» Avant chaque expérience les anodes recevaient un nouveau dépôt d'argent électrolytique. Les voltamètres remontés étaient connectés de manière à faire passer le courant en sens inverse. Pendant que le dépôt se dissolvait sur la cathode une nouvelle quantité d'argent venait recouvrir l'anode. Le courant employé était de 0,2 ampère environ. Après cette opération les anodes étaient lavées dans l'eau distillée, puis séchées avant de servir à l'expérience suivante.

» **Diaphragme.** — Le voltamètre a été monté ordinairement

(Équivalent électro-chimique de l'argent, par MM. F. LAPORTE et DE LA GORCE.)



Voltamètre, montage ordinaire.

comme l'avait fait Lord Rayleigh, avec une poche de papier à filtre entourant l'anode afin de retenir les débris d'argent qui pourraient se détacher pendant l'électrolyse et se mêler au dépôt. On a employé du papier à filtre Schleicher et Schull de Dürren, n° 595, particulièrement pur et « exempt de chlore ». La feuille était régulièrement pliée sur un mandrin cylindrique. Les plis étaient maintenus par une très petite quantité de cire à cacheter placée à la partie supérieure de la feuille. La poche était suspendue par quatre fils de soie écrue noués autour du bras isolant du voltamètre.

» *Montage.* — La photographie ci-contre, indique suffisamment le montage. La cathode était placée dans un cristalliseur de verre, elle était maintenue par du papier d'étain qui assurait un large contact électrique entre la coupelle et le conducteur en cuivre. Un bras en ébonite coulissant sur une tige verticale, fixe à la fois l'anode et la poche de papier. Un serre-fil à l'extrémité d'un fil souple amène le courant à la tige d'argent anodique.

» Un voltamètre monté sans diaphragme, avec cathode et anode séparées mais réunies par un siphon, a été utilisé quelquefois. L'appareil sera décrit plus loin. On indiquera également dans la suite les modifications apportées parfois au montage ordinaire.

» *Électrolyte.* — Les travaux antérieurs (en particulier celui de Smith) ayant montré que la concentration n'a pas une influence notable dans les résultats, nous n'avons pas titré l'électrolyte à toutes les expériences. La teneur en nitrate est restée approximativement la même tout le temps et elle était voisine de 15 pour 100. Nous donnerons ci-dessous toutes les indications relatives aux méthodes de purification.

» 2° MONTAGE ÉLECTRIQUE DE L'EXPÉRIENCE. — *Disposition générale.* — Le schéma ci-après indique le montage et une explication sommaire est à peine nécessaire. La source d'énergie électrique était une batterie d'accumulateurs pouvant donner à 110 volts environ, une capacité de 180 ampère-heures. En I se trouvent une résistance fixe et des rhéostats de réglage, à variation continue, montés en dérivation; en B une résistance de précision bien connue et placée dans un bain de pétrole. En E est un commutateur qui permet de faire

passer le courant dans le ou les voltamètres ou bien dans une résistance équivalente ajustée de manière à absorber la même différence de potentiel avec le même courant.

» Le courant est mesuré par un dispositif potentiométrique. Une pile est fermée sur un rhéostat et sur des boîtes de résistances C.C. La différence de potentiel aux bornes de la résistance C peut être

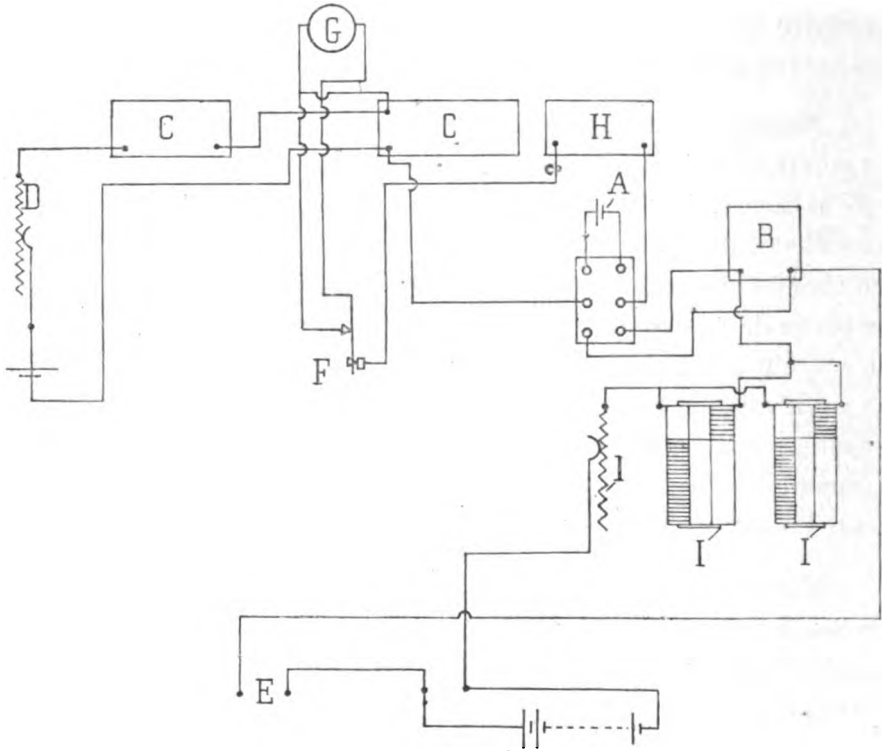


Fig. 1. — Schéma du dispositif du courant.

A, élément au cadmium; B, résistance de 3 ohms; C, boîtes de résistance réglables; D, rhéostat du circuit auxiliaire; E, bornes des voltamètres; F, clef; G, galvanomètre; H, résistance de protection de galvanomètre; I, rhéostat de réglage du courant.

comparée à la f. e. m. d'une pile étalon au cadmium A et par suite réglée sur elle. Cette même différence de potentiel peut être opposée à la différence de potentiel produite entre les bornes de la résistance étalon B par le passage du courant des voltamètres. Le galvanomètre G servait à ces mesures. Ce dispositif est bien connu, il est inutile d'insister sur ce point. Bien entendu, de grandes précautions étaient prises pour l'isolement, principalement de la table de mesure, de l'opérateur et du circuit des voltamètres.

» *Mesure de l'intensité du courant.* — L'élément au cadmium S_1 qui a servi pendant toutes ces expériences avait été construit en décembre 1908 et avait été suivi depuis cette époque. A plusieurs reprises, pendant le cours de ces essais, il a été comparé aux éléments étalons qui servent de point de départ aux comparaisons du Laboratoire central d'Électricité. Au début des expériences, il avait été trouvé supérieur à la valeur normale de 0,00006 volt, à la fin il avait baissé de 0,00004. Cette très légère diminution s'est produite surtout au début de son emploi et depuis le 15 septembre (11^e expérience) la même valeur s'est conservée.

» Pendant les essais, l'élément était placé dans un bain de pétrole et sa température était relevée périodiquement. On calculait la valeur de la f. e. m. pendant l'expérience, en employant la formule de Wolff (1) acceptée par la conférence de Londres en 1908,

$$E_t = E_{20} - 0,0000406(t - 20) - 0,00000095(t - 20)^2 + 0,00000001(t - 20)^3.$$

» Deux résistances ont été employées successivement. Les six premières expériences ont été faites avec les deux ohms Siemens qui avaient servi déjà en 1908. La valeur de cette résistance était à 16° C. (ohm LCE) :

$$1,99982.$$

» On a employé ensuite une résistance en manganin qui avait été établie et mesurée au National Physical Laboratory. La valeur de cette résistance à 16° a été trouvée au Laboratoire central d'Électricité de

$$3,00236.$$

» Tous les calculs ont été faits, comme nous l'avons dit, avec la valeur trouvée en Angleterre ; elle était

$$3,00201 \text{ à } 16^\circ \text{ C. ;}$$

un thermomètre était plongé dans le pétrole qui baigne les résistances et les températures relevées permettaient de calculer les résistances au moyen de la formule

$$R_t = R_{16}[1 + 0,00002(t - 16)].$$

» 3° MESURE DU TEMPS. — La durée des expériences a été mesurée

(1) *Bulletin of the Bureau of Standards*, n° 2, t. V, 1908. p. 309.

au moyen d'un chronomètre de marine construit par Auricoste et appartenant à la Faculté des Sciences de Paris. Cet appareil avait été classé dans un concours organisé par le Service hydrographique de la Marine. La marche du chronomètre a été contrôlée avec l'heure communiquée au Laboratoire par l'Observatoire du Bureau des Longitudes pendant tout le temps qu'a duré ce travail.

» On établissait le courant au commencement d'une expérience, en manœuvrant un commutateur au moment où le chronomètre bat la seconde. Le courant était coupé de la même façon. La manœuvre se faisait ordinairement au début d'une minute. Il est assez facile de suivre la cadence de l'appareil et nous estimons qu'on peut compter, pour la mesure du temps, sur une approximation de $\frac{1}{5}$ de seconde. La durée de la plupart des expériences a été de 5 heures au moins, soit 18000 secondes. Une erreur de cet ordre peut être considérée comme négligeable.

» 4° MESURE DE LA MASSE DU DÉPÔT. — La balance employée avait déjà servi au travail de 1908. Elle avait été construite par Collot. Une division de l'échelle du micromètre correspond à 0,07 mg environ. Le grossissement du microscope est assez considérable et l'amortissement des oscillations faible. La position d'équilibre est obtenue par la lecture de cinq oscillations successives. La mesure était rapportée à une boîte de poids dont le poids de 10 g avait été étalonné au Bureau international des Poids et Mesures. Aucune correction n'a été apportée aux résultats par suite de la différence de densité de l'argent et des poids.

» La cathode vide était séchée dans une étuve à 160° ou 170° refroidie dans un dessiccateur, placée dans la cage de la balance et pesée quand l'équilibre de température était parfaitement établi. La pesée de la cathode avec le dépôt se faisait dans les mêmes conditions.

» Nous pensons que les masses ont été mesurées à 0,0001 g près. Les dépôts (environ 8 g) seraient donc obtenus avec une approximation de 1 : 40000.

» 5° MARCHE D'UNE EXPÉRIENCE. — Par une opération préliminaire, comme nous l'avons déjà dit, on préparait l'anode en déposant électrolytiquement à sa surface une nouvelle quantité d'argent et l'on détruisait le dépôt obtenu précédemment à la cathode.

L'électrolyte utilisé était celui qui avait servi à l'expérience précédente et qui avait été mis soigneusement en réserve. L'argent déposé sur l'anode provient ainsi du dépôt précédent ou du nitrate qui a subi la purification. L'électrolyte devient acide à la fin de l'opération préliminaire après la destruction du dépôt sur la cathode. Il reste comme résidu, dans la coupelle de platine, de petits cristaux brillants noirs ou bruns et de faibles dimensions. L'argent se dépose sur la future anode non en couche continue mais en masse irrégulière et efflorescente qui rend entièrement illusoire la détermination de la densité de courant à l'anode.

» A la fin de l'opération, l'anode est plongée dans un vase contenant de l'eau distillée, puis elle est soigneusement séchée.

» La coupelle de platine, après ce nettoyage électrochimique, est lavée à l'acide azotique concentré puis avec une lessive de soude à 40° B., avec de l'alcool à 90° et enfin fort abondamment à l'eau distillée. Après séchage à l'étuve et refroidissement elle était pesée.

» En général, le nitrate d'argent nécessaire a été purifié spécialement pour chaque expérience. Cette manière de procéder doit donner des résultats moins concordants que la purification en une seule opération d'une assez forte quantité de nitrate, mais nous avons estimé que nous étions plus sûrs ainsi d'éviter des erreurs systématiques et que tout défaut de pureté chimique serait plus nettement indiqué.

» L'électrolyte était préparé au moment de monter le voltamètre par dissolution du nitrate purifié dans l'eau distillée.

» Le courant était établi et réglé à l'avance sur une résistance équivalente à celle des voltamètres. Lorsque le régime était devenu stable, un observateur, guidé par la cadence du chronomètre, manœuvrait le commutateur et faisait passer le courant pour commencer l'électrolyse. La variation d'intensité au moment de la manœuvre était faible et le réglage rapide et facile. L'incertitude qui en résulte sur la quantité d'électricité est tout à fait négligeable.

» La durée de l'opération quand l'intensité du courant était voisine de $\frac{1}{3}$ d'ampère était ordinairement de 5 à 6 heures. Pendant ce temps un observateur surveillait constamment le galvanomètre et réglait soigneusement le courant au moyen de l'un des rhéostats à variation continue.

» La sensibilité du galvanomètre permettait de reconnaître un dérèglement de l'ordre de 1.10^{-5} de l'intensité du courant.

» Lorsque l'opération était achevée et le courant coupé à l'instant voulu, le voltamètre était aussitôt démonté. L'électrolyte était enlevé avec une pipette et remplacé par de l'eau distillée. Après trois lavages successifs le dépôt était abandonné toute la nuit dans la quatrième eau distillée. Le lendemain on recommençait quatre lavages et l'on s'assurait que la dernière eau ne donnait plus aucun louche par l'addition d'une solution de chlorure de sodium. On prenait naturellement grand soin d'éviter que la moindre parcelle d'argent fût entraînée surtout quand le dépôt n'était pas très adhérent. Après séchage à l'étuve à 160° et refroidissement, on effectuait la pesée.

» Nous donnons ci-dessous le Tableau général de tous les résultats. On trouvera dans la suite de ce travail le détail des expériences et les interprétations que nous en tirons.

» Chaque expérience porte un numéro et l'on trouvera réunis les renseignements les plus intéressants qui la caractérisent. La cathode, l'anode, et l'électrolyte sont désignés par des symboles dont on indique la signification.

» Nous rappelons que, pour rendre les résultats plus facilement comparables, nous les avons exprimés en choisissant arbitrairement les unités employées en Angleterre au National Physical Laboratory.

TABLEAU DES RÉSULTATS.

Numéro d'ordre.	Date.	Voltamètre.			Résis- tance.	Tempé- rature.	Durée : secondes.	Intensité moyenne : ampère.	Masse du dépôt : grammes.	Constante électro- chimique.
		Cathode.	Anode.	Électrolyte.						
1...	18 juin.	A	X	Π_a	2 ohms	18,1	14 640,0	0,509 251	8,339 84	1,118 62
2...	22 »	A	X	Π_a		20,0	14 399,8	0,509 188	8,201 03	49
3...	24 »	A	X	Π_a		18,5	14 399,7	0,509 234	8,201 82	50
4...	2 juill.	A	X	Π_a		17,0	14 399,8	0,509 274	8,203 74	66
5...	5 »	A	X	Π_a		19,0	14 399,8	0,509 214	8,200 88	42
6...	7 »	A	X	Π_a		17,8	14 399,8	0,509 246	8,202 26	53
7...	1 ^{er} sept.	A	X	Π_a	3 ohms	18,0	16 620	0,34 env.	6,318 08	
	» »	B	Y	Π_a		»	»	»	6,318 15	Double papier à filtre
8...	4 »	A	X	Π_a		17,7	21 599,7	0,339 207	8,195 39	54 Double papier à filtre
	» »	B	Y	Π_a		»	»	»	8,194 41	42

(1) Voir p. 173.

TABLEAU DES RÉSULTATS (suite).

N ^o dr.	Date.	Voltamètre.			Résis- tance.	Tempé- rature.	Durée : secondes.	Intensité moyenne : ampère.	Masse du dépôt : grammes.	Constante électro- chimique.
		Cathode.	Anode.	Électrolyte.						
8 sept.	A	X	II _a	3 ohms	17,3	21 599,7	0,339 220	8,196 23	1,118 63	
10 »	A	X	II _a		18,6	20 699,7	0,339 190	7,852 69	43	Papier à filtre lavé (1).
» »	B	Y	II _a		»	»	»	7,853 12	49	
14 »	A	X	II _a		17,5	19 799,7	0,339 213	7,511 63	45	
» »	S	Y	II _a		»	»	»	7,511 41	42	
21 »	A	S	II _a		17,2	20 700	0,34 env.	7,852 67		Voltamètre à siphon.
» »	B	Y	II _a		»	»	»	7,851 43		
25 »	A	S	II _a		18,8	20 699,7	0,339 172	7,851 96	39	Voltamètre à siphon.
» »	B	Y	II _a		»	»	»	7,853 49	60	
29 »	A	X	II _a		17,1	20 699,7	0,339 205	7,853 80	54	
» »	B	Y	V		»	»	»	7,851 57	22	
2 oct.	A	X	V		16,7	20 699,7	0,339 215	7,852 25	29	
» »	B	Y	II _a		»	»	»	7,854 00	54	
15 »	A	X	II _c		15,9	20 699,7	0,339 219	7,852 07	28	Sel recouvré (2).
» »	B	Y	II _c		»	»	»	7,852 07	28	
19 »	A	X	I		17,0	20 879,6	0,339 196	7,919 14	16	Sel recouvré (2).
» »	B	Y	II _a		»	»	»	7,921 60	51	
23 »	A	X	I		15,6	20 699,7	0,339 217	7,852 67	35	
» »	B	Y	II _b		»	»	»	7,853 35	45	
25 »	A	X	IV		11,8	20 699,7	0,339 281	7,853 34	23	
» »	B	Y	II _b		»	»	»	7,853 82	31	
28 »	A	X	IV		16,5	20 879,6	0,339 205	7,919 77	22	
» »	B	Y	II _b		»	»	»	7,920 56	33	
5 nov.	A	X	IV		16,8	20 699,6	0,339 208	7,852 03	28	
» »	B	Y	I		»	»	»	7,851 71	24	
10 »	A	X	IV		13,0	20 759,6	0,339 270	7,876 68	35	
» »	B	Y	III		»	»	»	7,876 97	39	
12 »	A	X	IV		15,1	20 699,6	0,339 208	7,853 11	33	
» »	B	Y	I		»	»	»	7,853 09	33	
16 »	A	X	IV		14,4	20 759,6	0,339 247	7,875 15	21	
» »	B	Y	III		»	»	»	7,815 19	21	
22 »	A	X	III		12,0	20 819,6	0,339 283	7,899 82	36	
» »	B	Y	I		»	»	»	7,899 09	25	
25 »	A	X	I		12,8	20 759,5	0,339 264	7,875 82	25	
» »	B	Y	III		»	»	»	7,876 41	31	
30 »	A	X	II _b		13,8	20 699,5	0,339 257	7,854 10	44	
» »	B	Y	I		»	»	»	7,852 12	14	
3 déc.	A	X	II _b		16,2	20 699,5	0,339 218	7,853 12	41	
» »	B	Y	II _c		»	»	»	7,852 01	25	

) Voir p. 173.

) Voir p. 179 et 182.

TABLEAU DES RÉSULTATS (suite).

Numéro d'ordre.	Date.	Voltamètre.			Résis- tance.	Tempé- rature.	Durée secondes.	Intensité moyenne ampère.	Masse du dépôt grammes.	Constante électro- chimique.	
		Cathode.	Anode.	Electrolyte.							
29...	8 déc.	A	S	IV	3 ohms	15,8	20700	0,339224	7,85296	1,11834	Voltamètre à siphon.
	» »	B	Y	I		»	»	»	7,85239	26	
30...	13 »	A	X	II _c		11,8	20700	0,399292	7,85533	45	Exposé à la fumée de tabac
	» »	B	Y	II _c		»	»	»	7,85893	97	
31...	16 »	A	X	II _c		14,5	20699,5	0,339244	7,85283	28	
	» »	B	Y	I		»	»	»	7,85308	32	

A. Coupelle hémisphérique en platine, diamètre 10 cm.

B. » » en platine, diamètre 9 cm.

S. » » en argent, diamètre 10 cm.

X. » » en argent, diamètre 5 cm.

Y. Disque en argent, épaisseur 0,5 cm, diamètre 6 cm.

I. Nitrate cristallisé à l'abri de l'air par évaporation à la trompe.

II. » » par évaporation au bain-marie.

III. » » dans le vide sec.

IV. » envoyé par le N.P.L.

V. » *par* commercial.

II. — INFLUENCE DE LA FORME DU VOLTAMÈTRE EMPLOYÉ.

» Les questions controversées de l'action de la température et de la pression sur le poids d'argent déposé ne paraissant pas susceptibles d'avoir une influence notable sur la divergences que nous cherchions à expliquer, nous avons laissé systématiquement de côté ces actions malgré l'intérêt qu'elles présentent.

» Les physiciens ont essayé plusieurs formes de voltamètres et le point qui a été le plus souvent et le plus minutieusement étudié est le suivant : pendant l'électrolyse, par suite même du dépôt d'argent, il se trouve de l'acide libre. Cet acide dissout-il immédiatement à l'anode la quantité d'argent nécessaire pour maintenir la neutralité du bain ? Dans le cas contraire, ne peut-on pas craindre que l'acide, en se diffusant dans l'électrolyte, ne diminue la masse du dépôt à la cathode ?

» De cette crainte est venue la forme de voltamètre employée par certains physiciens. Au lieu de séparer l'anode de la cathode par

(¹) Voir p. 178 (note).

une simple poche en papier à filtre, comme l'avait fait Lord Rayleigh, ou par un sac de soie écrue, comme cela a été essayé dans les expériences de la Reichsanstalt, Richards, Collins et Heimrod ⁽¹⁾ ont placé l'anode à l'intérieur d'un vase poreux constituant un diaphragme effectif. Pour empêcher toute diffusion de l'acide anodique, le niveau du liquide autour de l'anode, à l'intérieur du vase poreux, était maintenu systématiquement à un niveau de plusieurs centimètres inférieur à celui du liquide baignant la cathode. On peut espérer de cette façon que, si de l'acide nitrique se dégage, il ne pourra pas arriver au contact de la cathode.

» Les travaux du National Physical Laboratory ⁽²⁾ ont montré que, si les dispositions nécessaires sont prises pour débarrasser le vase poreux de toute trace d'impuretés et d'acide et que si l'on s'arrange pour que ce diaphragme soit avant l'expérience complètement imbibé par la solution neutre de nitrate, les résultats sont bien identiques à ceux qu'on obtient avec la poche de papier à filtre. Quand le vase poreux lavé à l'acide est seulement abandonné pendant plusieurs jours dans l'eau distillée, le dépôt d'argent est toujours plus faible que sans diaphragme.

» Jäger et von Steinwehr à la Reichsanstalt ⁽³⁾ ont fait une comparaison analogue. Les voltamètres étaient montés en série : deux d'entre eux étaient munis de vase poreux et deux n'en avaient pas. Les différences sont tantôt positives, tantôt négatives et la moyenne des résultats montre que l'erreur systématique à craindre entre ces montages est certainement du même ordre de grandeur que les erreurs d'expériences.

» Jäger et von Steinwehr s'étaient servi d'un sac en soie écrue. D'autres voltamètres avaient été montés sans diaphragme proprement dit : la cathode avait la forme habituelle des creusets ; l'anode était cylindrique, placée assez haut dans l'intérieur de la cathode à l'endroit où elle peut être assimilée à un cylindre et pour éviter la chute de parcelles d'argent une petite coupelle de verre était maintenue en dessous de l'anode. Aucune différence systématique

(1) RICHARDS, COLLINS et HEIMROD, *Proc. Ann. Ac.*, 1899, p. 35.

(2) Voir SMITH, MATHER et LOWRY, *Philos. Trans. Roy. Soc.*, série A, t. CCVII, 1908, p. 563.

(3) Voir JÄGER et VON STEINWEHR, *Zeit. für Instrum.*, t. XXVIII, 1908, p. 366.

ne fut reconnue par ces expérimentateurs entre ces deux sortes de montage.

» Il semble donc bien établi que les différences signalées par d'autres expérimentateurs ne sont pas véritablement systématiques et que la présence du vase poreux constitue une complication qu'il n'est pas nécessaire de maintenir et qui peut même être dangeureuse pour l'exactitude du résultat dans certains cas particuliers.

» Leduc avait déjà signalé ⁽¹⁾ qu'on évitait la formation d'acide libre dans l'électrolyte en maintenant à l'anode une densité de courant inférieure à 0,02 ampère par centimètre carré pour un électrolyte de concentration normale (17 pour 100). Dans nos recherches cette condition était certainement remplie. La concentration était d'environ 15 pour 100 et la densité de courant calculée sur les dimensions des anodes serait inférieure suivant les cas à 0,010 ou à 0,013 ampère par centimètre carré, mais sa valeur réelle est bien plus faible que cette limite par suite des irrégularités de la surface anodique. Aucune trace d'acide n'a d'ailleurs jamais été reconnue dans la solution à la fin de l'électrolyse.

» Nos recherches ont porté spécialement sur le point suivant : Dans le montage utilisé, la présence de la poche de papier à filtre autour de l'anode a-t-elle une influence sur la masse du dépôt ?

» 1° INFLUENCE D'IMPURETÉS INTRODUITES ÉVENTUELLEMENT DANS LE VOLTAMÈTRE PAR LE PAPIER À FILTRE FORMANT LA POCHE. — Le papier à filtre employé dans toutes les expériences provenait de la maison Schleicher et Schull de Dürren; il est désigné par le n° 595 et indiqué sur les catalogues comme exempt de chlore. Il nous a semblé que le papier à filtre dans le voltamètre pouvait avoir deux actions sur les résultats obtenus : ou bien introduire des impuretés plus ou moins solubles dans le bain, ou bien modifier en quelque manière le phénomène de l'électrolyse par le fait de sa présence pendant le passage du courant.

» On a cherché, tout d'abord, à augmenter systématiquement la quantité d'impuretés pouvant se dissoudre dans l'électrolyte.

(1) LEDUC, *Sur l'équivalent électrochimique de l'argent* (*Comptes rendus*, 1902, p. 237).

» Une poche semblable à celle qui servait d'ordinaire a été préparée mais avec deux feuilles de papier à filtre superposées. Elle a été montée dans le voltamètre à sa place habituelle. Pendant toute la nuit précédant l'expérience (c'est-à-dire pendant 15 heures environ), elle est restée plongée dans l'électrolyte. Au moment de commencer l'essai cette poche a été retirée et remplacée par une nouvelle, également d'épaisseur double, dans laquelle l'anode a été introduite et avec laquelle s'est faite l'électrolyse.

» Le voltamètre ainsi monté avait été placé en série avec un voltamètre du type ordinaire et les résultats de deux expériences successives ont été les suivants ;

Numéro de l'expérience.	Voltamètre avec double papier à filtre.		Voltamètre ordinaire.		Différence relative $\frac{\alpha - \beta}{\beta}$.
	Cathode.	Masse du dépôt	Cathode.	Masse du dépôt	
		α .		β .	
7.....	B	6,318 15	A	6,318 08	+0,000 01
8.....	A	8,195 39	B	8,194 41	+0,000 12

» Il semble donc que les impuretés du papier à filtre puissent avoir une certaine action sur la masse du dépôt mais cependant les expériences effectuées ne permettent pas de se montrer catégorique sur ce point. On peut objecter, en effet, que l'électrolyte employé dans le voltamètre muni du double papier à filtre avait pu s'altérer par le fait même d'être resté exposé à l'air pendant la nuit précédant l'essai.

» Une tentative a été faite pour monter le voltamètre avec un papier à filtre préalablement traité pour le débarrasser des impuretés qu'il pouvait contenir. Une feuille de papier a été placée dans une solution d'azotate d'argent préparée comme d'ordinaire; elle y est restée immergée pendant 7 heures. Lavée ensuite à l'eau distillée, elle a été séchée puis a servi à former la poche enveloppant l'anode. Le résultat a été le suivant :

Numéro de l'expérience.	Voltamètre avec papier à filtrer lavé.		Voltamètre ordinaire.		Différence relative $\frac{\alpha - \beta}{\beta}$.
	Cathode.	Masse du dépôt	Cathode.	Masse du dépôt	
		α .		β .	
10.....	A	7,852 69	B	7,853 12	-0,000 05

» La différence est donc peu importante, elle se manifeste dans

le sens qu'on pouvait attendre mais, étant donnés les écarts à craindre entre les résultats successifs, nous pouvons considérer cette divergence, donnée par un seul essai, comme négligeable. Au lieu de faire une série de mesures dans ces conditions, il nous a paru plus simple et plus instructif d'essayer un voltamètre monté sans papier à filtre ni diaphragme.

» 2^o ESSAI COMPARATIF DU VOLTAMÈTRE ORDINAIRE ET DU VOLTAMÈTRE A SIPHON. — Le montage du voltamètre avec un siphon paraît fort satisfaisant *a priori*. Il n'est plus besoin de prendre des précautions spéciales pour protéger la cathode de la chute de parcelles de l'anode. Les densités de courant anodique et cathodique sont les mêmes et cette valeur est assez faible pour qu'on n'ait pas à craindre d'acide libre dans l'électrolyte à la fin de l'expérience.

» Smith, Mather et Lowry ont essayé ce montage au National Physical Laboratory; pour empêcher tout mouvement de l'électrolyte, ils faisaient déboucher le siphon dans un vase poreux qui était placé suivant les essais du côté de la cathode ou du côté de l'anode. Aucune différence systématique n'a été révélée par cette manière d'opérer.

» Nous avons repris cette comparaison, car elle nous avait paru le moyen de constater d'une façon certaine si le papier à filtre introduisait une erreur systématique dans les résultats.

» On trouvera, ci-contre, un dessin et une vue photographique du voltamètre. Aucune description n'est nécessaire. Indiquons seulement que le siphon avait 4 cm de diamètre environ et qu'un tube, muni d'un robinet était soudé à sa partie supérieure afin de pouvoir faire l'amorçage.

» Le montage du voltamètre était fait sans liquide, l'anode et la cathode étant sur le même plan horizontal; on remplissait d'électrolyte les deux coupelles et en aspirant par le tube, on faisait monter le liquide dans les deux branches du siphon. Le robinet était fermé au moment voulu et l'on rétablissait le niveau en ajoutant de l'électrolyte. La distance verticale entre le bord des coupelles et les extrémités des tubes du siphon était de 1 cm environ. Aucun diaphragme ni vase poreux n'était intercalé.

» Nous avons rencontré dans l'emploi de cette forme de volta-

(Équivalent électro-chimique de l'argent, par MM. F. LAPORTE et DE LA GORGE.)



Voltamètre à siphon.

mètre des difficultés expérimentales particulières. Alors qu'il est facile avec le montage ordinaire de compenser les petites variations qui se produisent dans la résistance de l'électrolyte pendant les premiers moments de l'électrolyse, il devient au contraire difficile

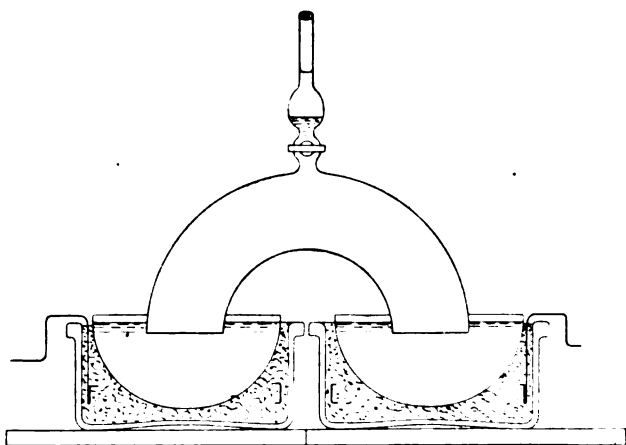


Fig. 2. — Voltamètre à siphon.

de maintenir, avec la disposition de rhéostats que nous avons employés, une constance satisfaisante du courant. Nous avons remarqué, avec le voltamètre à siphon, une diminution importante de la résistance et cela pendant plusieurs heures. Elle est due probablement à un échauffement de l'électrolyte.

» Plusieurs de nos expériences n'ont pu être que comparatives, la mesure de la quantité d'électricité ayant traversé le voltamètre ne présentant pas des garanties suffisantes d'exactitude. Nous avons pu cependant obtenir une expérience dans de bonnes conditions en opérant de la manière suivante :

» On a commencé l'opération avec une cathode provisoire en argent, mais en employant l'électrolyte et l'anode définitifs. Le courant était maintenu constant le plus exactement possible par la manœuvre des rhéostats. Au bout de 2 heures de fonctionnement, la résistance du voltamètre ayant atteint sa valeur de régime, une petite coupelle de verre munie d'un manche de verre était glissée sous l'extrémité du siphon débouchant dans la cathode et était soigneusement maintenue en place. On abaissait alors la cathode provisoire, on l'enlevait et on la remplaçait par la cathode de platine,

on remplissait la coupelle avec la portion de l'électrolyte qu'on avait gardée en réserve et, quand le niveau était le même à l'intérieur et à l'extérieur de la coupelle de verre fermant le siphon, on pouvait la retirer sans que le liquide remplissant le tube ait été changé.

» Ce remplacement assez rapide n'amène pas de refroidissement notable. On peut alors commencer l'expérience définitive, la résistance demeure beaucoup plus constante et la mesure se fait ainsi dans des conditions satisfaisantes.

Voici les résultats que nous avons obtenus :

Numéro de l'expérience.	Voltamètre à siphon.		Voltamètre ordinaire.		Différence relative $\frac{\alpha - \beta}{\beta}$.
	Cathode.	Masse du dépôt α .	Cathode.	Masse du dépôt β .	
12.....	A	7,852 67	B	7,851 43	+0,000 16
13.....	A	7,851 96	B	7,853 49	-0,000 19
29.....	A	7,852 96	B	7,852 39	+0,000 07

» Les deux premières expériences, purement comparatives, conduisent à des conclusions contradictoires; la dernière, la seule que nous puissions retenir pour une mesure absolue de l'équivalent électrochimique de l'argent, nous a donné en partant comme nous l'avons dit des bases anglaises pour la masse d'argent déposée :

1,11834 mg par coulomb,

c'est-à-dire une valeur supérieure de $0,5 \cdot 10^{-4}$ à la moyenne que nous avons obtenue dans les conditions que nous considérons comme normales mais, en présence de la contradiction des premières expériences, nous devons conclure qu'aucune différence systématique ne semble indiquée par nos résultats entre les deux manières de monter le voltamètre.

III. — ÉTUDE DU VOLTAMÈTRE AVEC DES ÉLECTROLYTES OBTENUS AVEC DES NITRATES DE PURIFICATIONS DIFFÉRENTES.

» La pureté de l'électrolyte a souvent attiré, et à juste titre, les essais et les précautions des physiciens. Nous avons déjà dit que la présence d'acide azotique libre dans la solution diminue la masse

du dépôt ⁽¹⁾. Les différents expérimentateurs sont maintenant d'accord sur ce point et c'est dans le but d'éviter cette cause d'erreur que le dispositif du voltamètre avec un diaphragme formé d'un vase poreux avait été proposé.

» Smith, Mather et Lowry, dans leur importante étude, ont expérimenté l'influence de certaines impuretés susceptibles de se trouver dans l'électrolyte. En général, leur présence augmente la masse du dépôt.

» Dans nos expériences, nous nous sommes proposé principalement d'essayer des nitrates purifiés de différentes manières. L'électrolyte a été préparé avec de l'« azotate d'argent pur » du commerce traité dans les conditions qui seront exposées ci-dessous. Le sel était préparé spécialement et séparément pour chaque expérience et la solution pour l'électrolyse était faite avec un sel qui venait d'être purifié.

» Dans le cours de ces recherches nous avons cru reconnaître la cause de la divergence de nos résultats antérieurs avec l'équivalent trouvé en Angleterre. Pour élucider définitivement ce point, nous avons demandé à M. Glazebrook, Directeur du National Physical Laboratory, de vouloir bien nous envoyer un échantillon du nitrate employé. Il nous envoya fort aimablement une certaine quantité de ce sel et nous pûmes lui comparer l'azotate d'argent purifié par nous. M. EtaiX, chef des Travaux chimiques à la Faculté des Sciences, a bien voulu faire cristalliser pour nous une certaine quantité de nitrate; nous indiquerons plus loin le procédé employé et le détail des résultats.

» Nous avons commencé le présent travail en suivant la méthode de purification de notre étude antérieure. Dans la suite de ces essais nous avons reconnu successivement différentes causes qui ont pu agir sur les résultats obtenus. Certaines précautions n'avaient pas été prises dans ces premières expériences, soit pour purifier l'azotate d'argent, soit pour conserver l'électrolyte avec toute sa pureté pendant tout le temps de l'expérience. La solution de nitrate, surtout quand elle est concentrée, semble être un excellent dissolvant et paraît absorber certaines impuretés contenues dans

(1) Voir : LEDUC cité plus haut; SMITH, MATHER et LOWRY cités plus haut.

l'air ⁽¹⁾. Comme l'évaporation se faisait au bain-marie chauffé par un fourneau à gaz, nous pouvions craindre la dissolution des produits de la combustion contenus dans l'atmosphère ambiante ou l'action de la température. Aussi, pour éliminer avec plus de certitude cette influence, nous avons évaporé la solution à l'abri de l'air, dans une enceinte à pression réduite et à une température ne dépassant pas 40° C.

» C'est cet électrolyte obtenu dans des conditions certainement satisfaisantes qui nous a servi de point de comparaison. Le sel du National Physical Laboratory et celui purifié par M. Etaix nous ont donné des résultats tout à fait comparables. Quant au nitrate purifié par évaporation au bain-marie, nous avons reconnu que moyennant quelques précautions nouvelles la divergence de 1908 disparaissait et que la concordance devenait satisfaisante.

» 1° CRISTALLISATION À L'ABRI DE L'AIR, À PRESSION RÉDUITE ET À TEMPÉRATURE MODÉRÉE. — L'azotate d'argent « pur » du commerce était dissous dans de l'eau « distillée » du commerce redistillée au Laboratoire central d'Électricité. La solution était placée dans un flacon à distillation. Un vide partiel est fait au moyen d'une trompe à eau, un vase à double tubulure, refroidi extérieurement est placé sur le trajet des gaz aspirés et assure la condensation de l'eau évaporée. Le flacon à distillation est chauffé au bain-marie sur un réchaud électrique à la température de 30° C. environ. À la fin de l'opération, on peut monter jusque vers 40° sans provoquer d'ébullition tumultueuse. Quand la solution est assez concentrée, on isole le flacon de la trompe et on laisse refroidir. Les eaux mères sont soigneusement égouttées et les cristaux lavés au moyen d'une petite quantité d'eau distillée.

» La seconde cristallisation s'effectue dans les mêmes conditions après dissolution dans une nouvelle quantité d'eau redistillée.

» On cherchait à conserver après la seconde cristallisation et les deux lavages une quantité d'azotate d'argent comprise entre la moi-

(1) Nous avons constaté, par exemple, qu'une solution de nitrate à 15 pour 100, laissée pendant 30 minutes dans une atmosphère chargée de fumées de tabac, puis employée comme d'ordinaire dans un voltamètre, donnait un dépôt d'une masse supérieure de $5 \cdot 10^{-4}$ à la valeur moyenne de nos expériences normales.

tié et les deux tiers de la quantité primitive de sel. La solution définitive était préparée dans le flacon même, elle était retirée avec une pipette et servait immédiatement dans le voltamètre.

» Dans la préparation du sel qui a servi à l'expérience n° 31, nous devons signaler que les cristaux après lavage ont été desséchés toujours dans le même flacon, la température étant élevée jusqu'à 50° C.

» Les résultats de ces expériences faites avec le nitrate purifié de cette façon ont été les suivants :

Numéro de l'expérience.	Cathode.	Équivalent électrochimique de l'argent : mg par coulomb.	Différence avec la moyenne.
18.....	A	1,118 35	+0,000 08
21.....	B	24	— 3
23.....	B	33	+ 6
25.....	B	25	— 2
26.....	A	25	— 2
27.....	B	14	— 13
29.....	B	26	— 1
31.....	B	32	+ 5
Moyenne.....		1,118 27	

» Une expérience a été faite en employant, au lieu du sel pur du commerce, l'azotate d'argent retiré par évaporation des solutions qui avaient servi précédemment d'électrolyte. Les cristaux de nitrate ont été purifiés par deux cristallisations ainsi qu'il vient d'être dit. L'expérience a donné comme résultat :

Numéro de l'expérience.	Cathode.	Équivalent électrochimique : mg par coulomb.
17.....	A	1,118 16

» Ce résultat n'a pas été ajouté au Tableau précédent parce qu'on avait constaté au moment de l'expérience que l'électrolyte présentait quelques traces d'acidité.

» 2° CRISTALLISATION PAR ÉVAPORATION AU BAIN-MARIE. — Ce procédé nous avait servi dans nos expériences de 1908. La solution de nitrate, contenue dans une coupelle en verre de Bohême, était chauffée au bain-marie sur un fourneau à gaz. On obtient ainsi facilement et rapidement une évaporation suffisante pour amener une cristallisation par refroidissement.

» Nous avons employé souvent cette méthode. Comme nous l'avons dit, elle est susceptible, dans certains cas, de fournir un sel donnant des dépôts trop lourds; il semble que la solution de nitrate s'altère à l'air et puisse dissoudre certaines impuretés. On peut cependant obtenir de bons résultats très voisins de ceux que nous venons de citer en opérant de la manière suivante :

» Pendant toute la durée de l'évaporation au bain-marie et du refroidissement la solution était soigneusement recouverte pour empêcher un contact trop facile avec l'air ambiant. Les cristaux étaient séparés des eaux mères puis lavés. Après les deux cristallisations effectuées dans ces conditions, les cristaux étaient soigneusement conservés pour fournir dans la suite l'électrolyte. Comme précédemment ils représentaient à peu près les deux tiers du nitrate commercial employé. La solution à 15 pour 100 était préparée au moment de monter les voltamètres et de commencer l'électrolyse.

» Voici les résultats que nous avons obtenus successivement :

» *a.* Six expériences ont été effectuées au mois de juin 1909 dans des conditions aussi semblables que possible à celles de notre précédent travail du mois de juillet 1908. Elles ont donné :

Numéro de l'expérience.	Cathode.	Équivalent électrochimique : mg par coulomb.	Différence avec la moyenne.
1.....	A	1,118 62	+0,000 09
2.....	A	49	— 4
3.....	A	50	— 3
4.....	A	66	+ 13
5.....	A	42	— 11
6.....	A	53	±0
Moyenne.....		1,118 53	

» Il a été fait ensuite huit expériences dans des conditions identiques pour la purification du nitrate. L'intensité du courant était réduite à un tiers d'ampère et la durée de l'essai portée à 5 ou 6 heures. La résistance étalonée servant à la mesure avait été changée et l'intensité du courant avait passé de 0,508 ampère environ à 0,34. Les résultats, comme on le verra, sont presque identiques aux précédents, montrant que la modification de l'installation

électrique et du régime n'ont pas eu d'influence sur la masse du dépôt.

Numéro de l'expérience.	Cathode.	Équivalent électrochimique : mg par coulomb.	Différence avec la moyenne.
8.....	B	1,118 42	— 0,000 10
9.....	A	63	+ 11
10.....	B	49	— 3
11.....	A	45	— 7
13.....	B	60	+ 8
14.....	A	54	+ 2
15.....	B	54	+ 2
17.....	B	51	— 1
Moyenne.....		1,118 52	

» *b.* Dans la suite de notre travail, nous avons fait cinq expériences dans des conditions expérimentales physiques identiques aux précédentes mais avec un nitrate d'argent purifié d'une manière plus satisfaisante sans que, cependant, toutes les précautions reconnues nécessaires aient été complètement observées. Les valeurs de l'équivalent électrochimique sont systématiquement plus faibles comme on peut le voir ci-dessous :

Numéro de l'expérience.	Cathode.	Équivalent électrochimique : mg par coulomb.	Différence avec la moyenne.
18.....	B	1,118 45	+ 0,000 06
19.....	B	31	— 8
20.....	B	33	— 6
27.....	A	44	+ 5
28.....	A	41	+ 2
Moyenne.....		1,118 39	

» La moyenne de cette série est, comme on le voit, supérieure de $1 \cdot 10^{-4}$ environ à la moyenne obtenue avec le sel purifié à l'abri de l'air.

» *c.* La purification du sel a été faite dans des conditions satisfaisantes pour quatre expériences. On en trouvera ci-après les résultats. Il est possible que l'un d'eux ait été fortuitement augmenté sous l'influence des impuretés atmosphériques (fumée de tabac, etc.), mais comme nous n'avons pas d'indication certaine sur ce point, nous le laissons figurer dans la moyenne.

Numero de l'expérience.	Cathode.	Equivalent électrochimique : mg par coulomb.	Différence avec la moyenne.
16.....	B	1,118 28	— 0,000 03
28.....	B	25	— 6
30.....	A	45	+ 14
31.....	A	28	-- 3
Moyenne.....		1,118 31	

» Nous considérons ce chiffre comme satisfaisant puisqu'il ne diffère que de $4 \cdot 10^{-5}$ de 1,118 27 obtenu avec le sel cristallisé à l'abri de l'air.

» Une expérience (n° 16, cathode A) avait été faite avec du nitrate d'argent retiré par évaporation d'électrolyte des opérations antérieures; le résultat 1,118 28 n'a pas été placé dans le Tableau ci-dessus, parce que le sel obtenu après quatre cristallisations successives était encore très légèrement acide.

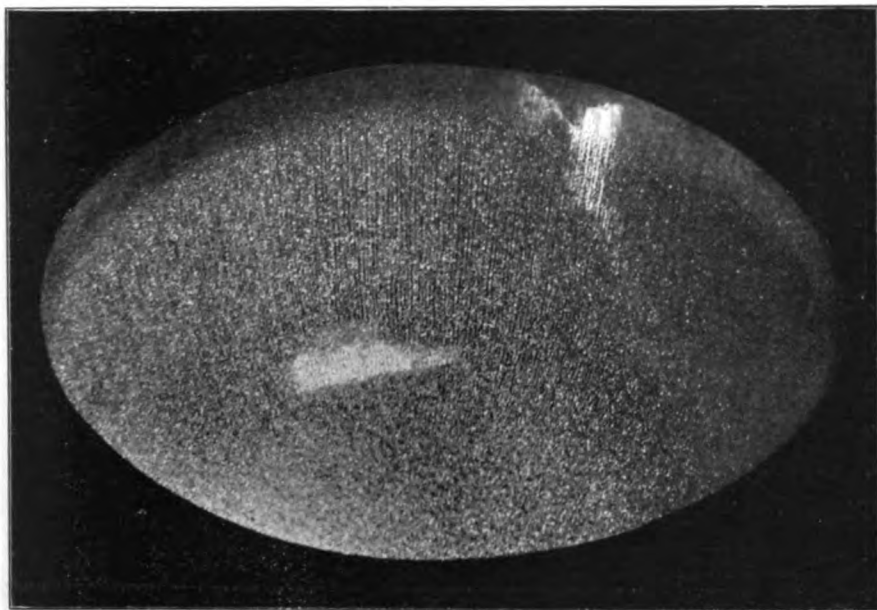
» On trouvera ci-contre une reproduction photographique de deux des dépôts. Presque tous présentaient des stries rayonnantes et régulières le long des bords de la cathode. Dans le fond les grains d'argent étaient plus serrés. Cependant, on remarquait en général une sorte d'étoile d'où les différentes stries semblaient partir. Cette apparence a été signalée souvent par les différents expérimentateurs.

» 3° CRISTALLISATION DANS LE VIDE SEC A LA TEMPÉRATURE ORDINAIRE.
— Pour comparer les résultats obtenus avec des nitrates purifiés par différentes méthodes, nous avons demandé à M. Etaix, chef des travaux de Chimie à la Faculté des Sciences, de traiter pour nous une certaine quantité de ce sel.

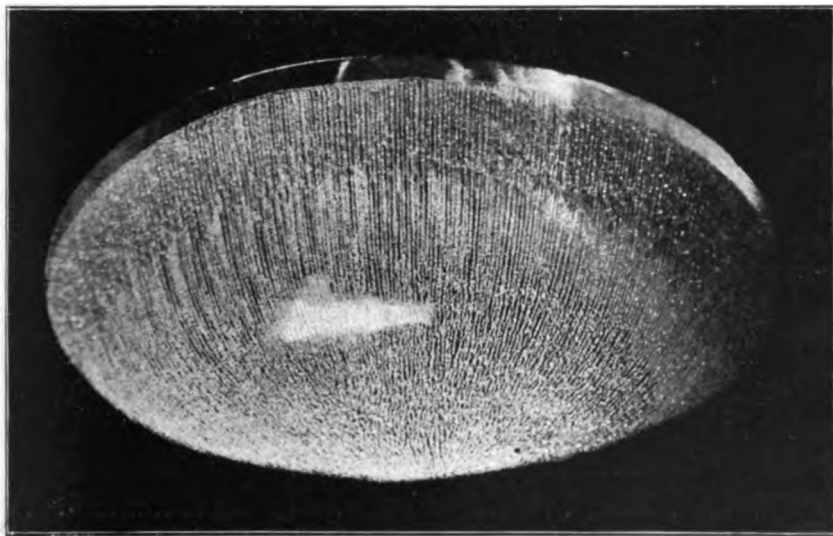
» La solution d'azotate d'argent a été évaporée dans le vide en présence d'acide sulfurique concentré qui maintenait, dans l'enceinte, une faible teneur en vapeur d'eau. Après la décantation et le lavage les cristaux furent séchés dans le vide. Les cristaux blancs et de petites dimensions ont été conservés dans un flacon à l'abri de l'air jusqu'au moment de leur emploi pour une expérience. Ils étaient alors dissous dans l'eau redistillée.

» Les quatre expériences effectuées avec ce nitrate ont donné les résultats suivants :

(Équivalent électro-chimique de l'argent, par MM. F. LAPORTE et DE LA GORCE.)



Dépôt d'argent; expérience 31. A.



Dépôt d'argent; expérience 30. B.

Numéro de l'expérience.	Cathode.	Équivalent électrochimique : mg par coulomb.	Différence avec la moyenne.
22.....	B	1,118 39	+0,000 07
24.....	B	21	-- 11
25.....	A	36	+ 4
26.....	B	34	+ 2
Moyenne.....		1,118 32	

» Ce procédé de purification paraît donc donner un résultat un peu plus grand, mais l'accord est encore satisfaisant.

» 4° NITRATE D'ARGENT ENVOYÉ PAR LE NATIONAL PHYSICAL LABORATORY. — Sur notre désir, M. Glazebrook, Directeur du Laboratoire national de Physique d'Angleterre a bien voulu nous envoyer du nitrate d'argent et nous informer que ce sel avait été essayé et que le résultat concordait à 2.10^{-5} avec le nombre considéré comme normal.

» Pour chaque expérience l'électrolyte n'était préparé qu'au moment de monter le voltamètre. Le sel, bien entendu, a été employé tel qu'il avait été envoyé; il était simplement dissous dans l'eau redistillée.

» Les résultats des six expériences sont :

Numéro de l'expérience.	Cathode.	Équivalent électrochimique : mg par coulomb.	Différence avec la moyenne.
19.....	A	1,118 23	-0,000 04
20.....	A	22	-- 5
21.....	A	28	+ 1
22.....	A	35	+ 8
23.....	A	33	+ 6
24.....	A	21	-- 6
Moyenne.....		1,118 27	

» Ce résultat concorde avec l'équivalent électrochimique de l'argent publié par Smith, Mather et Lowry et aussi avec celui que nous avons obtenu avec le nitrate purifié à l'abri de l'air; il semble donc que les mesures du National Physical Laboratory et celles du Laboratoire central d'Électricité sont maintenant d'accord.

» 5° NITRATE D'ARGENT « PUR » DU COMMERCE. — Deux expériences ont été faites en employant dans le voltamètre un électrolyte pré-

paré en dissolvant dans l'eau distillée du commerce de l'azotate d'argent acheté à la maison Poulenc frères et vendu comme *pur*. Les résultats, comme on peut le voir ci-dessous, sont satisfaisants. Ils montrent qu'on pourrait employer directement ce produit commercial sans avoir à craindre d'erreur importante.

Numéro de l'expérience.	Cathode.	Équivalent électrochimique : mg par coulomb.
14.	B	1,118 22
15.	A	29
Moyenne.....		1,118 25

» Pour résumer les essais dont nous venons de rendre compte et pour permettre de comparer les résultats plus facilement qu'en se reportant au Tableau général, nous donnons ci-dessous un Tableau récapitulatif des expériences faites sur les nitrates provenant des différentes purifications.

TABLEAU RÉCAPITULATIF.

Numéro de l'expérience.	Nitrate d'argent purifié par cristallisation.			Nitrate du National Physical Laboratory	
	A l'abri de l'air, à la trompe.	Par évaporation au bain-marie.	Par évaporation dans le vide sec.	National Physical Laboratory	
	Cathode. Équivalent électrochim.	Cathode. Équivalent électrochim.	Cathode. Équivalent électrochim.	Cathode. Équivalent électrochim.	Cathode. Équivalent électrochim.
16. . .	» »	B 1,118 28	» »	» »	» »
18. . .	A 1,118 35	» »	» »	» »	» »
19. . .	» »	» »	» »	A 1,118 23	» »
20. . .	» »	» »	» »	A 22	» »
21. . .	B 24	» »	» »	A 28	» »
22. . .	» »	» »	B 1,118 39	A 35	» »
23. . .	B 33	» »	» »	A 33	» »
24. . .	» »	» »	B 21	A 21	» »
25. . .	B 25	» »	A 36	» »	» »
26. . .	A 25	» »	B 34	» »	» »
27. . .	B 14	» »	» »	» »	» »
28. . .	» »	B 25	» »	» »	» »
29. . .	B 26	» »	» »	» »	» »
30. . .	» »	A 42	» »	» »	» »
31. . .	B 32	A 28	» »	» »	» »
Moyenne. . .	1,118 27	1,118 31	1,118 32	1,118 27	1,118 27

» Nous voyons que les différents résultats moyens sont :

	Équivalent électrochimique : mg par coulomb.
1° Cristallisation à l'abri de l'air, évaporation à la trompe.....	1,118 27
2° Cristallisation par évaporation au bain-marie.	1,118 31
3° » par évaporation dans le vide sec.	1,118 32
4° Sel envoyé par le National Physical Laboratory.....	1,118 27

» En faisant la moyenne générale de tous les résultats obtenus dans ces 22 expériences on arrive à la valeur

Équivalent électrochimique... 1,118 29 mg par coulomb

» Comme on le voit la concordance de nos mesures paraît être bien assurée avec celles du National Physical Laboratory qui ont donné la valeur moyenne 1,118 27. L'écart est un peu plus important avec le résultat de la Physikalisch-Technische-Reichsanstalt 1,118 18. Mais la forme des électrodes, le diaphragme isolant (soie ou coupelle de verre) et la manière de conduire l'expérience n'étant pas identiques aux nôtres, ces différences peuvent peut-être expliquer l'écart signalé. Il est fort probable que cet écart sera diminué quand les essais se feront dans les différents laboratoires dans des conditions expérimentales identiques. On remarquera que les résultats obtenus en dernier lieu au Bureau of Standards de Washington n'ont pas encore été publiés.

» Tous les nombres précédents, nous insistons encore une fois sur ce point, ont été donnés en choisissant arbitrairement les unités anglaises pour les valeurs de l'ohm et de la valeur de la f. e. m. de l'élément normal Weston. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Laporte en le félicitant du résultat de ses longues et minutieuses recherches et il rappelle l'importance de l'unification des mesures.

**RECHERCHES FAITES AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ
SUR L'ÉTALON DE RÉSISTANCE ET L'ÉTALON DE FORCE ÉLECTROMOTRICE.**

PAR M. R. JOUAUST.

« La décision de la Conférence des unités électriques, qui s'est tenue à Londres en octobre 1908, de représenter l'ampère par l'intensité du courant déposant $0^{\text{g}},0011800$ d'argent par seconde, ne permet pas de mesurer pratiquement les courants en partant de cette définition.

» Les mesures précises d'intensité de courant se font toujours, aujourd'hui, en déterminant la différence de potentiel aux bases d'une résistance connue parcourue par le courant à mesurer.

» L'ampère et l'ohm se trouvant définis par la Conférence des unités, il n'en restait pas moins nécessaire de définir en fonction de ces deux unités primaires un étalon secondaire de force électromotrice. C'est le but que se proposa la Commission des unités, nommée à la suite de la Conférence de Londres, en demandant aux différents Laboratoires de déterminer en fonction de l'ohm international et de l'ampère international la valeur de la force électromotrice de la pile étalon Weston.

» Pour résoudre ce problème, trois points se trouvaient donc à étudier :

» 1° Les conditions dans lesquelles doit se faire normalement le dépôt d'argent;

» 2° La comparaison des étalons de l'ohm dans les différents Laboratoires;

» 3° La construction de piles étalons Weston, la comparaison des différents procédés utilisés pour préparer les produits chimiques utilisés dans cette construction, et des résultats obtenus avec ces produits dans les divers Laboratoires, enfin l'examen au point de vue de la conservation des diverses piles étalons réalisées.

» Tous ces points avaient déjà été, en 1908, l'objet d'études de la part du Laboratoire central d'Électricité; mais ces études ont été

continué depuis, et M. Laporte a entretenu la Société internationale des Électriciens de celles relatives au voltamètre à argent. Nous résumerons brièvement ce qui se rapporte aux deux autres points.

» *Mesure des résistances.* — Au début de ces études, il était nécessaire pour le Laboratoire de se constituer une base solide pour la mesure des résistances, base qui permettrait ensuite de ramener les mesures de résistances faites au Laboratoire à l'ohm international français, lorsque M. Benoit aura pu terminer l'importante étude que constitue cette réalisation.

» Les résistances métalliques constituées par des métaux purs sont les seules qui ne varient pas en fonction du temps. Ainsi, des recherches faites récemment en Angleterre ont montré que de tous les étalons de résistance construits jadis par les soins de la British Association, seuls ceux constitués par platine pur étaient demeurés invariables.

» En Allemagne, la Physikalisch technische Reichsanstalt s'est constituée un jeu d'étalons secondaires au moyen de bobines de manganin; ces bobines, conformément à la loi allemande, étant comparées une fois par an aux prototypes mercuriels.

» L'expérience semble indiquer que dans ce cas, malgré les précautions prises, les bobines avaient varié dans les premières années qui suivirent leur construction; depuis quelques années, elles paraissent parfaitement stables.

» D'autres expériences, faites en Angleterre, semblent moins favorables au manganin.

» Quoi qu'il en soit, l'introduction de cet alliage en France était trop récente pour que nous puissions compter sur la constance absolue des résistances métalliques que nous possédions. Aussi, nous sommes-nous servis comme point de départ de copies mercurielles de l'ohm.

» On se rappelle que c'est M. Mascart qui proposa, au premier Congrès des unités électriques, l'emploi de ces étalons secondaires mercuriels dont M. Benoit construisit un certain nombre et dont il détermina expérimentalement les valeurs en fonction des prototypes de l'ohm légal qu'il avait réalisés.

» Le Laboratoire possède trois de ces copies mercurielles, dans des tubes en verre dur, portant les n^{os} 44, 49 et 46.

» Le premier a été déposé au Laboratoire par le Ministère des Postes et Télégraphes, les deux autres appartiennent au Bureau international des Poids et Mesures, et nous ont été prêtés.

» Nous avons renoncé à l'emploi de l'ohm en cristal n^o 68, appartenant au Laboratoire, l'expérience ayant montré que le mercure de cet ohm se souillait particulièrement vite.

» Nous avons constaté que les trois ohms en verre présentaient entre eux les mêmes différences qu'au moment de leur fabrication, et qu'à condition de prendre certaines précautions, on pouvait les utiliser pendant assez longtemps, sans être obligé de procéder à l'opération assez délicate de leur remplissage.

» Les différences obtenues dans la comparaison de ces trois ohms sont en effet les suivantes en $\frac{1}{100000}$ d'ohm :

Date.	44 — 49.	44 — 46.
1884	+ 98	— 6
1890	+ 98	— 8

» Les ohms venant d'être remplis sont comparés entre eux au Laboratoire central; on obtient

Date.	44 — 49.	44 — 46.
1906	+ 100	— 7
1908	+ 100	— 5
1909 (février)	»	— 6,7

» L'ohm 44 est de nouveau rempli en avril 1909. Après ce remplissage, on le compare de nouveau à l'ohm 46 qui n'avait pas été rempli depuis 1906; on obtient

$$44 - 46 = -7 \text{ cent-millièmes d'ohm.}$$

» Ces résultats montrent bien qu'on peut considérer que la résistance de ces étalons n'a pas varié depuis leur construction.

» La dernière expérience montre en outre que la constance de la différence entre 44 et 46 n'étant pas due à ce fait que le mercure s'était souillé d'une façon identique dans les deux éléments, mais à ce qu'il ne s'était pas altéré.

» L'ohm 49 a été rendu en 1907 au Bureau des Poids et Mesures;

les deux ohms 44 et 46 dont les valeurs ont été ramenées naturellement à l'ohm international en multipliant par $\frac{100}{106,3}$ ont servi indifféremment de point de départ aux divers étalonnements de résistance faits au Laboratoire pendant toutes les recherches relatives aux unités électriques.

» Comme formule reliant la résistance de l'ohm à sa température, nous avons utilisé celle indiquée par Guillaume

$$R_t = R_0(1 + 0,0008809t + 0,0000009986t^2),$$

θ étant la température par rapport au thermomètre à hydrogène. Un thermomètre de Tonnelot, vérifié au Bureau des Poids et Mesures et qu'on lisait à distance au moyen d'un viseur, permettait d'évaluer la température du récipient plein d'eau dans lequel plongeait l'ohm.

» Un courant d'air agitait ce bain.

» Ce courant d'air devait être réglé de façon à ne pas refroidir le liquide en provoquant son évaporation.

» Dans toutes nos mesures, nous avons fait en sorte que la température du bain fût la même que celle de la température de la salle.

» Les comparaisons faites au moyen de ces copies de résistances étalonnées dans les Laboratoires étrangers ont porté sur les étalons suivants :

» 1° Deux ohms en manganin scellés dans du pétrole apportés par Rosa du Bureau of Standards et étalonnés également à la Physikalisch-technische Reichsanstalt et au National Physical Laboratory;

» 2° Deux ohms en manganin Otto Wolff achetés par le Laboratoire et étalonnés également au P. T. R. et au N. P. L.;

» 3° Une résistance de 3 ohms appartenant au National Physical Laboratory.

» Les résistances du Bureau of Standards ont été apportées au Laboratoire dans un moment où la question des mesures de résistance n'était pas complètement au point, relativement surtout à l'évaluation des températures. Elles furent également comparées à la copie 49 du Bureau international des Poids et Mesures en utilisant le pont à fil et un thermomètre de cet établissement. (Les opérateurs furent MM. Pérard du Bureau international et Jouaust.)

» D'après Rosa (¹), les valeurs de ces résistances étaient à 20° :

	P. T. R.	N. P. L.	B. S.
1	0,999816	0,999829	0,999801
2	0,999753	0,999776	0,999750

» Les formules donnant la variation de résistance avec la température étaient :

$$(1) \quad \rho_t = \rho_{20} [1 + 23,86 \times 10^{-6} (t - 20) - 0,515 \times 10^{-6} (t - 20)^2],$$

$$(2) \quad \rho_t = \rho_{20} [1 + 23,63 \times 10^{-6} (t - 20) - 0,445 \times 10^{-6} (t - 20)^2].$$

» On a obtenu au Laboratoire central :

1	0,999988
2	0,999920

ce qui donne :

» Pour 1

$$\text{ohm N. P. L.} - \text{ohm L. C. E.} = \frac{1,59}{10000},$$

$$\text{ohm P. T. R.} - \text{ohm L. C. E.} = \frac{1,73}{10000};$$

» Pour 2

$$\text{ohm N. P. L.} - \text{ohm L. C. E.} = \frac{1,44}{10000},$$

$$\text{ohm P. T. R.} - \text{ohm L. C. E.} = \frac{1,67}{10000}.$$

» Au Bureau international des Poids et Mesures, on a obtenu à 8°,9 :

1	0,999686
2	0,999584

ce qui donne à 20° :

1	1,000011
2	0,999889

» Si l'on compare ces mesures avec celle du L. C. E., on trouve :

» Pour 1

$$\text{valeur B. I. P. M.} - \text{valeur L. C. E.} = \frac{2,3}{100000},$$

» Pour 2

$$\text{valeur B. I. P. M.} - \text{valeur L. C. E.} = - \frac{3,1}{100000};$$

(¹) ROSA, *Bulletin du Bureau of Standards*, t. V, 1909, p. 431.

valeurs qui sont de l'ordre des écarts inévitables avec la méthode du pont à fil ⁽¹⁾.

» C'est à cette époque que nous entreprîmes d'une façon systématique la comparaison de nos copies mercurielles avec les étalons des Laboratoires étrangers.

» Dans toutes ces mesures faites en même temps que les mesures de résistances destinées aux mesures absolues du Laboratoire et de celles faites par MM. Pellat et Guillet, nous avons surtout cherché à opérer aussi systématiquement que possible, de façon que, si le mode opératoire entraînait quelque erreur, celle-ci fût constante dans tous les cas et pût un jour ou l'autre être corrigée.

» Le mode opératoire a déjà été décrit ⁽²⁾. Nous avons signalé à cette époque que l'emploi des contacts Benoit ou des contacts platinés semblait aux erreurs d'expérience près donner les mêmes résultats. Dans toutes ces expériences nous avons utilisé des contacts platinés.

» La seule différence avec la méthode décrite réside dans la mise en court-circuit de l'ohm métallique.

» Les ohms à comparer étaient terminés par des tiges métalliques plongeant dans des godets de mercure.

» On mettait l'ohm en court-circuit par un gros cavalier de cuivre, en admettant que les deux contacts Hg|Cu de l'ohm étaient remplacés identiquement par les contacts Hg|Cu du cavalier, de même qu'on admet l'égalité des contacts Pt|Hg dans l'étalon mercuriel et dans le godet de court-circuit.

» On tenait compte de la résistance du cavalier de cuivre qui du reste a toujours été la même. On s'est arrangé, comme nous l'avons dit, pour que les tiges platinées plongeassent toujours de la même quantité dans l'ohm, de façon à modifier de la même manière s'il y avait lieu la résistance d'épanouissement, et l'on a toujours mis la même quantité de mercure dans le godet de court-circuit.

» Dans quelques cas, au lieu de comparer directement les résis-

(1) Ces mesures ont été faites en hiver et la température de 3°9 était celle des salles du Laboratoire du Bureau international. Nous avons appliqué pour les ohms en manganin la formule indiquée par Rosa, mais il ne faut pas oublier que cette formule n'a été établie qu'au-dessus de 15°.

(2) *Bulletin de la Société des Électriciens*, tome VIII, 2^e série, 1908.

tances à un des étalons mercuriels, on les a comparées à l'ohm Siemens n° 9 très soigneusement étudié lors de la mesure des résistances ayant servi à la détermination par l'électrodynamomètre absolu de la force électromotrice du Weston.

» Voici les résultats obtenus pour l'ohm en manganin Otto Wolff 3961 :

$$R_{\theta} = R_0 [1 + 20,2 \cdot 10^{-6} (t - 18) - 0,46 \cdot 10^{-6} (t - 18)^2].$$

P. T. R.			Valeur à 18°.
Septembre 1908...	»	»	0,999981

L. C. E.			
	Étalon de comparaison.	T. de la comparaison.	
Octobre 1908.....	44	17 ⁰	1,00010
»	»	17	1,00011
»	9	17	1,00009
Moyenne.....			1,00010
Janvier 1909.....	46	10	1,00014
»	»	10	1,00016
»	44	10	1,00013
»	»	10	1,00011
»	9	10	1,00010
Moyenne.....			1,00013

N. P. L.			
Avril 1909.....	»	»	0,999977

L. C. E.			
Mai 1909.....	9	14	1,000110
»	»	»	1,000100
»	44	»	1,000120
»	46	16	1,000135
»	46	15	1,000110
»	44	16	1,000118
Moyenne.....			1,000115

P. T. R.			
Juillet 1909.....	»	»	1,000001

L. C. E.

Août 1909	44	18	1,00010
»	44	19	1,000129
»	44	20	1,000120
Moyenne.....			1,000116

» Un autre ohm Otto Wolff 3962 a donné les résultats suivants :

Valeur à 18°.

P. T. R., septembre 1908.....	0,99985
L. C. E., octobre 1908.....	1,00007

» La résistance de cet ohm s'est montrée depuis variable et l'on ne saurait avoir grande confiance dans les résultats fournis par cette résistance.

» L'examen des résultats fournis par l'ohm 3961 conduit à admettre

$$\text{ohm P. T. R.} - \text{ohm L. C. E.} = \frac{1,10}{10000},$$

$$\text{ohm N. P. L.} - \text{ohm L. C. E.} = \frac{1,38}{10000},$$

d'où

$$\text{ohm N. P. L.} - \text{ohm P. T. R.} = \frac{2,4}{100000}.$$

» D'après Rosa (*loc. cit.*) on aurait

$$\text{ohm N. P. L.} - \text{ohm P. T. R.} = - \frac{1,5}{100000}.$$

» Des comparaisons faites en 1904 entre le P. T. R et le N. P. L. avaient donné

$$\text{ohm N. P. L.} - \text{ohm P. T. R.} = \frac{4}{100000}.$$

» Nous avons eu également à comparer à nos étalons une résistance de 3 ohms appartenant au National Physical Laboratory. Cette comparaison présentait quelques difficultés pour la mise en court-circuit de ces ohms.

» Ces résistances, placées côte à côte dans une boîte, étaient réunies entre elles en ayant leurs extrémités soudées à des blocs de cuivre portant des bornes et une cavité pouvant servir de godet à mercure.

» La résistance donnée était celle comprise entre les deux bornes extrêmes.

» Pour comparer une de ces résistances à l'ohm à mercure, nous avons rempli les petites coupelles de mercure dans lequel plongeaient deux grosses tiges de cuivre.

» Pour éliminer la résistance parasite due au contact de la coupelle-cuivre du bloc de l'ohm, on remplaçait, lorsqu'on établissait l'équilibre du pont avec l'étalon mercuriel, l'ohm en maganin par un gros bloc de cuivre dans lequel étaient creusés deux godets à mercure identiques aux coupelles de la résistance et dans lesquels on plongeait les deux barres de cuivre aboutissant primitivement à l'ohm.

» On a ainsi obtenu :

Valeur à 16°.

N. P. L.....	3,00201
L. C. E.....	3,002360

d'où

$$\text{ohm N.P.L.} - \text{ohm L.C.E.} = \frac{1,3}{10000}.$$

» D'une façon générale il semble qu'on puisse dire que l'ohm français, *tel qu'il a été réalisé au Laboratoire central*, est de $\frac{1}{10000}$ plus petit que les ohms du P. T. R. et du N. P. L.

» Si l'on examine les différentes mesures qui figurent dans les Tableaux précédents, on remarque que si, en général, les moyennes des diverses séries concordent bien, il y a d'assez gros écarts dans les mesures de chaque série.

» Cela tient à la difficulté de l'emploi des étalons mercuriels, d'une part, par suite du grand coefficient de température de ces éléments et, d'autre part, par la nécessité de se servir pour faire les mesures avec ces étalons du pont à fil, appareil dans lequel il y a toujours une certaine incertitude sur la position du curseur sur le fil.

ÉLÉMENTS ÉTALONS WESTON NORMAUX.

Trois procédés de préparation du sulfate mercurieux destinés aux éléments Weston furent soumis à la Commission des unités lors de sa réunion à Londres en octobre 1908, et la description de ces pro-

cédés figure dans les annexes des procès-verbaux des séances de ces commissions.

» Ces procédés sont les suivants :

1° Préparation par précipitation en versant dans de l'acide sulfurique de l'azotate mercurieux. C'est le procédé utilisé surtout en Angleterre.

2° Le procédé par électrolyse au moyen de courant continu en électrolysant avec une anode mercurielle une solution de SO^4H^2 au sixième. Ce procédé a surtout été employé en Amérique.

3° Le procédé par électrolyse au moyen du courant alternatif, en électrolysant une solution de SO^4H^2 entre deux électrodes mercurielles. Ce procédé était celui utilisé en France (1).

» Le procédé utilisé en Allemagne à la Reichanstalt diffère peu du procédé n° 1 (2). On fait couler dans une solution moléculaire normale d'azotate mercurieux chauffée à 70° une solution moléculaire normale de SO^4H^2 .

» Le sulfate mercurieux se précipite dans ces conditions en assez gros cristaux. Le lavage du sulfate mercurieux ainsi précipité était fait uniquement avec de l'eau.

» D'après von Steinwehr, on peut obtenir ainsi du sulfate donnant des éléments absolument identiques aux procédés 1 et 2, à condition que la solution dans laquelle on fait la précipitation soit suffisamment acide, sinon on obtient des éléments dont la force électromotrice trop élevée au début décroît puis devient normale.

» Depuis la conférence de Londres, le Laboratoire central d'Électricité a continué ses recherches, et le nombre des éléments étalons que nous avons construits s'élève aujourd'hui à environ 150.

» Ces nombreuses constructions nous ont permis de perfectionner notre technique et de nous affranchir des irrégularités que présentait au début notre fabrication d'éléments étalons (3).

» Nous pouvons dire aujourd'hui qu'en général les différentes séries de Weston que nous réalisons sont bien comparables entre

(1) Voir pour plus de détails sur ces procédés le *Bulletin de la Société des Électriciens*, 2^e série, t. VIII, 1908.

(2) JÄGER et von STEINWEHR. *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, 1908, p. 358.

(3) Nous avons été aidés dans la partie chimique de ce travail par M. Étaix, chef de travaux à la Faculté des Sciences, auquel nous adressons ici nos remerciements.

elles lorsqu'elles ont été faites avec des produits de même nature.

» Le premier but de nos recherches était de comparer les résultats que nous obtenions avec ceux des Laboratoires étrangers et en particulier avec ceux du National Physical Laboratory avec lequel nous n'avons cessé d'être en relation.

» En général, les éléments que nous construisons ont une force électromotrice qui n'est stable qu'une huitaine de jours après leur fabrication; généralement ils baissent de 4 à 5 cent-millièmes pendant ce laps de temps. Nous considérons comme valeur de la force électromotrice normale de l'élément celle qu'il possède un mois après sa fabrication et qui en général ne varie que lentement dans la suite, comme on peut le voir dans le Tableau résumant les nombreuses mesures faites sur 70 éléments construits à diverses dates.

» Nous pouvons dire qu'en général les éléments que nous construisons avec le sulfate mercurieux préparés par les procédés 1 et 2 sont de quatre à cinq cent-millièmes plus élevés que ceux construits par les mêmes procédés au N. P. L. Nous possédons, en effet, treize éléments envoyés par le National Physical Laboratory. Nous avons publié dans notre travail de 1908, le résultat des comparaisons de ces éléments. La force électromotrice de quelques-uns d'entre eux a baissé depuis cette époque; dans d'autres, au contraire, elle s'est maintenue parfaitement constante, comme nous avons pu le constater au moyen d'une série d'éléments envoyés au Laboratoire à la fin de 1908.

» Nous avons résumé dans un Tableau le résultat des comparaisons faites sur ceux de ces éléments que nous considérons encore comme normaux.

» Dans les Tableaux qui suivent nous avons, suivant l'exemple de M. Laporte, attribué arbitrairement à la moyenne de ces éléments la valeur 1,0184 volt, de façon à rendre nos résultats plus facilement comparables à ceux des Laboratoires étrangers. L'expérience suivante justifie cette manière d'opérer.

» En février 1909, M. Glazebrook, directeur du N. P. L., vint à Paris et voulut bien emporter trois éléments.

» D'après le L. C. E., les différences entre ces éléments et la moyenne des éléments du N. P. L. devaient être les suivantes en

cent-millièmes de volts :

J ₆	— 1
J ₇	— 1
S ₆	+ 7

» Les résultats obtenus à Teddington furent les suivants :

J ₆	+ 1,4
J ₇	— 1,4
S ₆	+ 8

On voit qu'il y a tout au plus un désaccord de $\frac{1}{100000}$ entre ces diverses valeurs.

» Si l'on examine le Tableau, on voit que l'élément S peut être considéré comme le type des éléments que nous construisons aujourd'hui avec les sulfates mercurieux obtenus par les procédés 1 et 2. Les éléments J appartenaient au contraire à une série ayant une tendance à baisser.

» Les éléments que nous réalisons aujourd'hui ont donc une valeur supérieure de quelques cent-millièmes à ceux des Laboratoires étrangers.

» La cause de cette différence provient, pensons-nous, dans la façon dont est effectué le lavage du sulfate mercurieux au moyen du sulfate de cadmium pour lui ôter toute trace d'acidité.

» Il est toujours très délicat de définir exactement à quel moment ce sulfate cesse de devenir acide au Congo. Nous considérons, nous, qu'il n'en est ainsi que lorsqu'une feuille de papier Congo, mise en contact 10 *minutes* avec les eaux de lavage, ne présente plus aucune trace de bleuissement. Dans ces conditions, nous sommes amenés à pousser les lavages beaucoup plus loin que lorsque nous opérions en ne mettant le papier Congo qu'une minute ou deux en contact avec le SO⁴Cd servant au lavage. Mais dans ce dernier cas, nous obtenions des éléments plus voisins de ceux du N. P. L. que ceux que nous réalisons aujourd'hui (1). Nous avons déjà signalé ce résultat dans notre précédent travail et nous l'avons rapproché de ce fait que M. Smith nous avait signalé que certains des éléments qu'il nous avait envoyés présentaient des traces d'acidité sans que cependant nous les ayons trouvés anormaux.

(1) Voir *Bulletin de la Société des Électriciens* (*loc. cit.*), p. 413.

» Les questions qui se posent sont donc les suivantes, ou bien les éléments étrangers, insuffisamment lavés, contiennent un sulfate mercurieux insuffisamment lavé, d'où trace d'acidité et, par conséquent, une force électromotrice trop faible.

» Ou bien, au contraire, nous poussons trop loin le lavage et nous hydrolysons le SO^1Hg^2 en le lavant avec la solution concentrée de cadmium. Cette hypothèse de l'hydrolyse du sulfate mercurieux par les solutions concentrées de cadmium a été admise par Hulett (¹).

» Hulett avait été conduit à faire cette hypothèse pour expliquer la variation temporaire de force électromotrice d'un élément lorsqu'on donne des secousses aux éléments, et certaines expériences qu'il a faites semblent confirmer cette hypothèse de l'hydrolyse de SO^1Hg^2 par la solution de SO^1Cd concentré dès que la teneur en SO^1H^2 est inférieure à 0,08 molécule-gramme par litre.

» Nous voyons donc déjà un premier point d'études pour les recherches relatives aux éléments étalons qui vont être faites à Washington. Il faudra arriver à définir ce qu'on entend dans les spécifications par *neutre* au papier Congo, et pour notre part, nous serions assez portés à penser que cette neutralité doit être définie de façon que le sulfate mercurieux contint quelques très légères traces d'acidité. Il semble, en effet, que nos éléments ne présentent pas la même stabilité que les éléments étrangers et que, comme ceux du reste construits à la Reichsanstalt (²), ils aient une très légère tendance à descendre et à se rapprocher de ceux du N. P. L.

» Bronson et Shaw indiquent également une décroissance de la force électromotrice initiale des éléments construits avec du sulfate mercurieux lavé à l'eau ou à l'alcool (³).

» Un autre point a attiré notre attention : c'est la valeur de la force électromotrice des éléments fabriqués avec du sulfate mercurieux obtenu par électrolyse alternative. Nous avons déjà signalé en 1908 que les éléments construits avec ce sulfate mercurieux (série E) avaient une force électromotrice plus élevée que les autres

(¹) *Physical Review*, t. XXVII, 5 novembre 1908, p. 350.

(²) Voir JAGER et VON STEINWER, *loc. cit.*

(³) BRONSON et SHAW, *Electrician*, 3 septembre 1909, p. 344.

éléments. Depuis, nous avons construit des étalons avec du sulfate, ainsi préparés à diverses reprises (séries P.T, Z.I), tous ces éléments donnent une force électromotrice de $\frac{6}{100000}$ supérieure à celles des autres éléments.

» Nous avons envoyé au National Physical Laboratory du sulfate ainsi préparé. Ce sulfate était acide, Il a été lavé en Angleterre et a servi à préparer six éléments qui ont donné par rapport aux éléments du National Physical Laboratory les différences suivantes en $\frac{1}{100000}$ de volt :

	Juin 1909.	Août 1909.
1.....	+ 6,1	+ 6,2
2.....	+ 6,3	+ 6,2
3.....	+ 6,2	+ 6,5
4.....	+ 5,7	+ 6,0
5.....	+ 6,0	+ 6,1
6.....	+ 6,4	+ 6,5

» La différence que nous avons signalée existe donc bien nettement, et il n'y a pas là une question de lavage, puisque c'est à Teddington que cette opération avait été effectuée.

» Nous avons aussi envoyé un échantillon au Bureau of Standards, mais nous n'avons reçu à ce sujet aucun renseignement.

» A quoi attribuer cette différence? Le sulfate mercurieux, préparé par voie d'électrolyse alternative, est un sel très blanc, très fin. Est-ce cette finesse de grain qui intervient et faut-il voir là une confirmation des idées de von Steinwehr?

» Quoi qu'il en soit, ce sulfate donne de très bons résultats. Les éléments construits ainsi ont toujours été très comparables entre eux, et se sont montrés parfaitement constants. On peut voir par exemple la série E et comparer aussi aux valeurs qui figurent dans ce Tableau ceux fournis par deux éléments de la même série emportés en Angleterre par M. Janet et qui ont fourni à Teddington les résultats suivants :

	Juin 1908.	Août 1909.
E ₁₀	1,018439	1,018393
E ₈	0,101843	1,018380

» Ce procédé n'a malheureusement, croyons-nous, été utilisé qu'en France. Il semble pourtant intéressant et nous pensons qu'en

particulier la formation de sulfate mercurique est moins à redouter avec ce procédé qu'avec l'électrolyse continue.

» Il est d'ailleurs relativement assez rapide. Aussi pensons-nous qu'il serait désirable que d'autres expérimentateurs que nous l'utilisassent, et qu'en particulier qu'on en préparât une certaine quantité pendant les recherches qui vont avoir lieu au Bureau of Standards.

» *Sulfate de cadmium.* — Le sulfate de cadmium du commerce est assez impur et demande à être purifié avec soin.

» Il ne faut pas pousser trop loin les cristallisations destinées à produire cette purification.

» Les éléments de la série T en sont un exemple. On avait utilisé dans la fabrication de ces éléments des cristaux provenant d'eaux mères. On a constaté au montage qu'un noircissement se prononçait au moment où le sulfate de cadmium venait en contact avec la pâte, et l'on voit que ces éléments se sont montrés peu stables.

» Il est probable que ce noircissement est dû à la précipitation d'oxyde mercurieux, probablement par suite de la présence d'un composé basique de sulfate de cadmium.

» Dans le même ordre d'idée, signalons les anomalies présentées par les éléments G.

» En lavant le sulfate mercurieux avec lequel ces éléments ont été construits, on constata qu'il noircissait au contact du sulfate de cadmium. Les plaques noires qui s'étaient formées furent enlevées; néanmoins les éléments étaient trop faibles de $\frac{1}{1000}$ le lendemain de leur fabrication et de deux à trois dix-millièmes un mois après; mais deux mois après ils avaient atteint la valeur normale.

» Il y a là encore une influence du sulfate de cadmium, car du sulfate mercurieux de la même fabrication, lavé avec une autre solution de sulfate de cadmium, n'a donné lieu à aucune anomalie.

» *Conservation des éléments.* — Certains de nos éléments se sont admirablement conservés, par exemple la série E qui a aujourd'hui plus de deux ans d'existence et dont la valeur moyenne s'est maintenue constante à $\frac{2}{1000000}$ près; la série S qui a 15 mois d'existence.

» On peut signaler en particulier dans cette série l'élément S,

qui a servi aux travaux de MM. Laporte et de la Gorce sur l'argent et qui malgré cela n'a pas été altéré.

» D'autres éléments, au contraire, se sont assez mal comportés en fonction du temps :

» La série J, par exemple, construite dans des conditions identiques à la série S.

» La force électromotrice de tous les éléments de cette série décroît.

» Nous n'avons pu jusqu'ici trouver les causes de ces chutes de tension qui se produisent ainsi sur tous les éléments d'une même série.

» On constate du reste, en même temps que cette chute de tension se produit, un noircissement considérable au contact pâte-solution.

» La pâte se recouvre d'un liséré noir.

» Au contraire, nous n'avons jamais vu de taches jaunes comme celles que Smith avait signalées sur des éléments anormaux.

» Il y a évidemment bien des points qui restent à éclaircir.

» A notre connaissance, Hulett seul a tenté une explication du phénomène.

» D'après lui, la solution saturée $\text{SO}^{\text{I}}\text{Cd}$ hydrolyse le sulfate mercurieux ; cette hydrolyse étant surtout rapide au voisinage du mercure, il en résulte que la pâte s'opposant d'autre part à la diffusion du liquide, au voisinage du mercure, l'acidité augmente, d'où diminution de la force électromotrice de l'élément, puis l'hydrolyse s'arrête quand l'acidité atteint la valeur de 0,08 molécule-gramme par litre.

» Dans la suite, du reste, le sel basique mercurieux pourrait se transformer en sel basique mercurique jaune.

» Cette manière d'envisager la question expliquerait bien pourquoi des éléments dans lesquels il y aurait une trace d'acidité se montreraient plus constants que ceux dans lesquels le lavage a été poussé trop loin.

» Rappelons qu'avant Hulett, Gouy puis Reinders avaient déjà signalé qu'il ne devait pas y avoir équilibre chimique dans l'élément Weston.

» Quoi qu'il en soit il est certain qu'on peut réaliser des élé-

ments susceptibles de conserver plusieurs années leur force électromotrice sur 1 ou 2 cent-millièmes près et ce sont les conditions que doivent remplir exactement ces éléments qu'il importe de déterminer.

» Nous pensons qu'il sera toujours prudent dans les Laboratoires de construire plusieurs fois par an des éléments de façon à pouvoir, en comparant entre elles les diverses séries, se rendre compte de celles qui ont des tendances à baisser et à les éliminer à temps de la moyenne qui pratiquement constitue l'étalon du volt.

» *Influence de la température.* — La Commission des unités de Londres a admis pour variation de la force électromotrice de l'élément avec la température la formule proposée par Wolff ⁽¹⁾

$$C_t = E_{20} - 0,0000406(t - 20) - 0,00000095(t - 20)^2 + 0,00000001(t - 20)^3.$$

» Cette formule donne un maximum de force électromotrice à 3°; nous rappelons que nous avons signalé l'existence de ce maximum dans notre travail de 1908.

» Nous croyons du reste prudent, pour éviter certaines anomalies sur lesquelles nous reviendrons plus tard, de n'utiliser les éléments qu'au-dessus de 10° et, d'une façon générale, d'éviter que la température des éléments descende au-dessous de 10°.

» Nous pensons aussi que pour des mesures très précises, on ne peut utiliser que des éléments placés dans des bains maintenus à température constante ⁽²⁾.

» *Transport des éléments.* — Jusqu'ici nous n'avons pas cherché à réaliser des éléments transportables.

» Tous ceux qui ont été envoyés en Angleterre ont été transportés à la main.

» Nous avons confié des éléments à M. Kondo du département des communications de Tokio.

⁽¹⁾ *Bulletin du Bureau of Standards*, t. V, n° 11, 1908.

⁽²⁾ Dans le cas où il ne serait pas possible de maintenir toujours l'élément au-dessus de 10°, nous conseillons d'examiner ce que devient sa force électromotrice au voisinage de 0°, pour voir s'il ne présente pas dans cette région des anomalies, anomalies qui sont toujours accompagnées d'hystérésis.

» Deux devaient être laissés au Bureau of Standards et deux emportés au Japon.

» Nous n'avons pas jusqu'ici eu de nouvelles de ces étalons.

» *Éléments de fabrication industrielle.* — Dans notre travail de 1908, nous nous étions montrés assez durs pour les éléments de fabrication industrielle.

» Nous sommes heureux de dire aujourd'hui que la maison Carpentier en a appelé de ce jugement et est arrivée à fabriquer des éléments qui ne sont pas inférieurs à ceux de la Weston European Cy. Tous ceux que nous avons eu entre les mains ne diffèrent de la normale que de quelques cent-millièmes.

» Nous ne pouvons que la féliciter de ce résultat, et si nos travaux ont été de quelque utilité pour faciliter à la maison Carpentier la solution de ce problème, nous serons heureux d'avoir rendu service à l'industrie française.

TABLEAU I.

Éléments du National Physical Laboratory envoyés au Laboratoire.

Différence en cent-millièmes de volt par rapport à la moyenne.		
Novembre 1908.		Février 1910.
L ₂	— 0,1	+ 7,5
V ₇	— 2,5	— 2,5
L ₁₆	0	0
K ₁₁	+ 0,4	— 1,5
V ₆	0	— 1,5
K ₁₄	+ 3,4	0
V ₈	— 3,8	— 4,5 (éliminé de la moyenne).

TABLEAU II.

Désignation de l'élément.	Date de la fabrication.	Nature du sulfate mercureux.	F. E. M. un mois après la fabrication.	Janvier 1909.	Mars 1909.	Juin 1909.	Novembre 1909.	Mars 1910.
PCN ₁ ...	Juin 1907.	Précipitation.	1,01838	1,01829	1,01826	1,01823	1,01814	
PCN ₃ ...	»	»	1,01841	1,01831	1,01825	1,01826	1,01821	
PCN ₅ ...	»	»	1,01836	1,01834	1,01833	1,01834	1,01834	
PCN ₇ ...	»	»	1,01840	1,01832	1,01828	1,01834	1,01830	
Moyenne.....			1,01838	1,01831	1,01828	1,01829	1,01825	

TABLEAU II (suite).

Designation de l'élément.	Date de la fabri- cation.	Nature du sulfate mercureux.	F. E. M. un mois après la fabrication.	Janvier 1909.	Mars 1909.	Juin 1909.	Novembre 1909.	Mars 1910.
E ₁ ...	Mai	Électrolyse	1,01855	1,01852	1,01853	1,01852	1,01850	1,01853
E ₁₂ ...	1908.	alternative.	1,01853	1,01852	1,01854	1,01850	1,01850	1,01850
E ₁₃ ...	"	"	1,01853	1,01852	1,01853	1,01852	1,01850	1,01850
E ₁₄ ...	"	"	1,01850	1,01852	1,01851	1,01850	1,01850	1,01853
Moyenne.....			1,01853	1,01852	1,01851	1,01851	1,01850	1,01851
J ₁ ...	Juillet	Électrolyse	1,01848	1,01838		1,01837	1,01837	1,01836
J ₂ ...	1908.	continue.	1,01847	1,01838	1,01836	1,01837	1,01833	1,01827
J ₃ ...	"	"	1,01844	1,01838			1,01836	1,01831
J ₄ ...	"	"	1,01843	1,01836	1,01835	1,01836	1,01829	1,01825
J ₅ ...	"	"	1,01840	1,01836	1,01836	1,01838	1,01835	1,01830
J ₆ ...	"	"	1,01848					
J ₇ ...	"	"	1,01848	1,01837				
J ₈ ...	"	"	1,01846	1,01838		1,01837	1,01835	1,01830
J ₉ ...	"	"	1,01847	1,01838		1,01837	1,01830	1,01829
J ₁₀ ...	"	"	1,01847	1,01836	1,01836	1,01835	1,01833	1,01831
J ₁₁ ...	"	"	1,01847	1,01841	1,01838	1,01840	1,01835	1,01836
J ₁₂ ...	"	"	1,01840	1,01835	1,01835	1,01832	1,01829	1,01818
Moyenne.....			1,01846	1,01837	1,01836	1,018367	1,01833	1,01828
S ₁ ...	Décem.	Électrolyse	1,01846		1,01843	1,01845	1,01840	1,01839
S ₂ ...	1908.	continue.	1,01846		1,01844	1,01848	1,01843	1,01847
S ₃ ...	"	"	1,01846		1,01841	1,01845	1,01845	1,01844
S ₄ ...	"	"	1,01847		1,01844		1,01842	1,01844
S ₅ ...	"	"	1,01846		1,01844	1,01845	1,01841	1,01840
S ₆ ...	"	"	1,01846					
S ₇ ...	"	"	1,01845		1,01844	1,01843	1,01842	1,01842
S ₈ ...	"	"	1,01846		1,01844	1,01842	1,01842	1,01842
Moyenne.....			1,01846		1,018435	1,01846	1,01842	1,01842
D ₁ ...	Février	Électrolyse	1,01852			1,01848	1,01847	1,01838
D ₂ ...	1909.	continue.	1,01853			1,01849	1,01846	1,01841
D ₃ ...	"	"	1,01853			1,01849	1,01844	1,01841
D ₄ ...	"	"	1,01844			1,01846	1,01840	1,01830
Moyenne.....			1,0185			1,01848	1,01844	1,01837
P ₁ ...	Mai	Électrolyse	1,01850			1,01850	1,01854	1,01849
P ₂ ...	1909.	alternative.	1,01850			1,01850	1,01850	1,01849
P ₃ ...	"	"	1,01850			1,01850	1,01850	1,01849
Moyenne.....			1,01850			1,01850	1,01851	1,01849

TABLEAU II (suite).

Dési- gnation de l'élément.	Date de la fabri- cation.	Nature du sulfate mercureux.	F. E. M. un mois après la fabrication.	Janvier 1909	Mars 1909	Juin 1909.	Novembre 1909.	Mars 1910.
I.	Avril	Précipitation.	1,01820	1,01839	1,01837	1,01840	1,01833	
II.	1908.	»	1,01820	1,01835	1,01833	1,01832	1,01835	
X.	»	»	1,01832	1,01836	1,01835	1,01827	brisé	
	Moyenne.....		1,01822	1,01836	1,01834	1,01833	1,01834	
T ₁ ...	Mai	Électrolyse	1,01851			1,01847	1,01839	
T ₂ ...	1909.	alternative	1,01851			1,01835	1,01834	
T ₃ ...	»	SO ⁺ Cd	1,01847			1,01844	1,01839	
T ₄ ...	»	provenant	1,01841			1,01850	1,01844	
T ₅ ...	»	d'eaux mères.	1,01849			1,01850	1,01845	
T ₆ ...	»	»	1,01854			1,01851	1,01844	
	Moyenne.....		1,01849			1,01846	1,01841	
G ₁ ...	Février	Electrolyse	1,01829			1,01850	1,01850	
G ₂ ...	1909.	alternative	1,01838			1,01852	1,01850	
G ₃ ...	»	ayant noirci	1,01815			1,01847	1,01841	
G ₄ ...	»	au lavage.	1,01790			1,01851	1,01850	
G ₅ ...	»	»	1,01826			1,01853	1,01844	
G ₆ ...	»	»	1,01835			1,01850	1,01850	
	Moyenne.....		1,01822			1,01849	1,01849	
α ₁ ...	Févr.	Précipitation.	1,01846			1,01848	1,01847	
α ₂ ...	1909.	»	1,01846			1,01847	1,01840	
	Moyenne.....		1,01846			1,01847	1,01843	
Z ₁ ...	Nov.	Électrolyse	1,01851					
Z ₂ ...	1909.	alternative.	1,01851					
Z ₃ ...	»	»	1,01853					
	Moyenne.....		1,018516					
l ₁ ...	25 janv.		1,01852					
l ₂ ...	1910.		1,01851					
l ₃ ...			1,01851					
l ₄ ...			1,01853					
	Moyenne.....		1,018517					

La séance est levée à 10^h 30^m du soir.

BIBLIOGRAPHIE.

Analyse des métaux par électrolyse. par A. HOLLARD et L. BERTIAUX (2^e édition).
1 volume in-8° de 253 pages, avec 18 figures. Paris, Dunod et Pinat, éditeurs, 1909.

Abandonnant la classification des métaux telle qu'elle est adoptée en analyse chimique gravimétrique ou par pesées, les auteurs y substituent une nouvelle classification plus rationnelle et spécialement adaptée aux séparations par voie électrolytique. Ils mettent en évidence les principes pouvant servir de base aux séparations de métaux et à leur dosage électrolytique. Ils les appliquent à l'étude des alliages industriels, aux minerais et aux sous-produits des usines. A la fin du Volume sont réunis les Tableaux des expériences ayant servi de base aux méthodes indiquées et au contrôle de leur exactitude.

La seconde édition comprend quatre Parties formant ensemble douze Chapitres.

De nombreux développements ont été ajoutés en même temps que des procédés encore inédits ont été indiqués.

Un certain nombre de méthodes données dans la première édition ont reçu de notables perfectionnements.

Il est incontestable que l'excellent accueil rencontré par l'édition primitive, qui condensait douze années d'expériences, ne peut que s'accentuer pour celle-ci. Les auteurs n'ont pas eu pour but de remplacer l'analyse gravimétrique ordinaire par une méthode nouvelle. Ils ont surtout recherché la simplification, la rapidité des opérations et un plus grand degré d'exactitude.

Ils ont conservé nécessairement quelques procédés de séparation par réactifs, attendu que l'analyse électrolytique procède par élimination et que certaines méthodes de séparation resteront toujours communes à tous les systèmes de dosage qu'on pourra imaginer dans la suite.

Le monteur électricien (3^e édition), par MM. BARNI, MONTPELLIER, MAREC. 1 volume in-16 de 500 pages avec 286 figures. Paris. J.-B. Baillièrre et fils, éditeurs, 1909.

Le succès très mérité obtenu jusqu'ici par ce vade-mecum du monteur électricien continue de s'affirmer avec cette troisième édition. Traduit de l'italien par M. Montpellier, le premier travail de M. Barni s'est en même temps trouvé si bien mis au point, que les éditions italiennes postérieures ont beaucoup emprunté à la traduction française.

M. Marec, qui se charge actuellement de la mise au courant des éditions françaises, a profité de la circonstance, pour y apporter d'importants remaniements et pour développer certaines parties, en tenant compte de l'expérience acquise ces dernières années.

Des figures nombreuses et claires aident puissamment le lecteur. Les schémas ont été simplifiés et de nombreux dessins ont été refaits ou ajoutés. Les appareils sont également représentés schématiquement, conformément aux indications préconisées par la Société internationale des Électriciens. Le Chapitre relatif au couplage des dynamos contient des idées originales inspirées des publications de M. Picou. Enfin les renseignements pratiques, déjà si nombreux, ont encore été complétés en maints endroits.

Ce Volume est, en résumé tout à fait recommandable; il reste à la portée de tous, sans pour cela rien sacrifier à la précision ou à la rigueur du langage électrotechnique.

La fabrication électrochimique de l'acide nitrique et des composés nitrés, à l'aide des éléments de l'air, par J. ESCARD (2^e édition). Paris, Dunod et Pinat, éditeurs, 1909.

Les nitrates du Chili avaient été, jusqu'à ces dernières années, l'unique source de l'azote assimilable par les graminées telles que le blé, base de la nourriture de la race blanche. On prévoyait l'épuisement des nitrates naturels dont l'emploi comme engrais augmentait d'une façon inquiétante.

L'acide nitrique, principe actif de ces produits, s'obtient maintenant artificiellement et industriellement par la combinaison directe, à la très haute température de l'arc électrique, de l'azote et de l'oxygène de l'air. Les engrais artificiels ont fait leurs preuves en agriculture et reviennent à des prix leur permettant de lutter avantageusement avec les produits naturels.

Dans le présent Volume, le lecteur trouvera la description des procédés de fabrication actuellement en usage et se mettra ainsi au courant des recherches et des résultats concernant cette nouvelle et l'une des plus remarquables conquêtes des applications de l'Électricité.

Les matières abrasives industrielles, par M. J. ESCARD. Paris, Ch. Béranger, 1910.

Parmi ces matériaux particuliers qu'utilise l'industrie pour tous les travaux où l'on opère par usure des pièces, il convient de citer particulièrement les émeris et le carborundum.

Les émeris se rencontrent à l'état naturel dans certains gisements, tandis que le carborundum ou siliciure de carbone est un produit artificiel obtenu au four électrique.

L'auteur décrit dans ce Volume l'extraction, le classement, la préparation et les propriétés des corps abrasifs dont nous venons de citer les plus employés.

Signalons le Chapitre traitant des meules en général: il est particulièrement intéressant par le nombre et la variété des documents rassemblés.

M. Escard s'occupe également de la fabrication et de l'utilisation des aciers dits *rapides* dont on fait actuellement de très grandes applications aux machines-outils modernes, et dans le sciage des roches par fil sans fin dans les carrières.

Traité complet d'Analyse chimique appliquée aux essais industriels. par J. POST et B. NEUMANN. 2^e édition française, traduite de l'allemand par L. GAUTIER. Paris, Hermann et fils, éditeurs, 1909 et 1910.

L'auteur présente aujourd'hui deux nouveaux Volumes de ce grand Traité. Le premier (p. 561 à 860) est le fascicule n° 3 du Tome I. Le second (p. 201 à 496) est le fascicule n° 2 du Tome II. Ce grand et utile Traité comprendra trois Tomes divisés respectivement en quatre, trois et deux fascicules.

Le premier Volume présenté s'occupe de l'analyse, de la séparation et du dosage des divers éléments suivants : fer, cuivre, argent, or, zinc, cadmium, nickel, cobalt, étain, bismuth, antimoine, arsenic, mercure, aluminium, platine, chrome, tungstène, uranium, vanadium et molybdène.

Les méthodes indiquées ont été soigneusement revues; bien des additions complètent les documents déjà pourtant fort nombreux, donnés dans la première édition.

Quand au second Volume, il est exclusivement consacré aux recherches sur le sucre de betterave, le sucre de canne, l'amidon et la fécule.

Le premier Chapitre, traitant de la Polarimétrie, est traité d'une façon magistrale et intéressera particulièrement les spécialistes.

En appendice sont rassemblés les documents officiels sur les produits alimentaires sucrés, les méthodes officielles françaises d'analyse des produits sucrés et de nombreuses données administratives.

L'Électricité dans les mines, applications diverses, extraction, par M. E.-J. BRUNSWICK, ingénieur en chef de la Maison Breguet. Gauthier-Villars, Paris, 1910.

Ce Volume, que notre Vice-Président a dédié à M. Sciana, directeur de la Maison Breguet, est le compte rendu critique d'un voyage d'études effectué dans les régions minières où les applications de l'électricité sont les plus nombreuses et les plus importantes.

L'auteur a rapporté de ce voyage d'abondants et précieux documents qui sont tout un enseignement sur ce sujet. Il les avait déjà fait connaître, en partie, dans un Rapport présenté au Congrès de l'Exposition de Marseille, mais le cadre dont il y disposait ne permettait pas de traiter ce vaste domaine avec l'ampleur méritée.

Telle est la genèse de ce Livre qui comble une grande lacune dans la littérature électrotechnique.

Dix-neuf Chapitres se partagent les nombreuses questions examinées. Parmi celles-ci, il faut citer en première ligne la manœuvre électrique des treuils d'extraction, réservée jusqu'ici à de puissantes machines à vapeur.

Le principal intérêt du moteur électrique appliqué à l'extraction provient de la récupération de l'énorme quantité d'énergie dissipée autrefois dans des freins.

On a résolu ce problème en faisant usage de volants indépendants, accouplés électromagnétiquement au système de treuil par l'intermédiaire de dynamos auxiliaires.

M. Brunswick décrit les divers systèmes employés, par courant continu et par courants alternatifs, comparant les avantages et les inconvénients de chacun d'eux. Il y

ajoute des considérations sur les dépenses d'établissement et d'exploitation puis, ayant ainsi discuté complètement la question, termine par une série de monographies du plus haut intérêt, car elles donnent la description détaillée d'une série d'installations type, dont la pratique a démontré le fonctionnement régulier et économique. Des dessins et schémas accompagnent les données numériques et l'on dispose ainsi d'une documentation précieuse et très complète sur des applications peu connues, en dehors des spécialistes, et où l'industrie électrique trouvera de nouveaux débouchés.

Cours pratique d'Électricité industrielle, à l'usage des élèves des écoles d'enseignement technique, par H. CHEVALLIER. TOME I et II. Paris. Ch. Béranger, éditeur, 1909 et 1910.

Ce *Cours*, qui comprendra trois Volumes, reproduit les leçons professées par l'auteur à la Société philomathique de Bordeaux.

Ces leçons, jusqu'ici autographiées, s'adressaient principalement aux auditeurs des cours d'adultes.

En les imprimant, M. Chevallier a voulu en étendre le champ et le *Cours* que nous présentons aujourd'hui s'adresse, en outre, maintenant, aux industriels et aux professionnels de l'électricité.

Toutes les explications sont parfaitement claires et bien mises à la portée de ceux auxquels les leçons sont destinées. Les schémas et figures ont été spécialement dessinées et sont faciles à suivre et à comprendre.

Le Tome premier s'occupe de tout ce qui se rattache aux modes de production du courant continu et à la distribution de l'énergie électrique.

Le Tome second traite de l'éclairage électrique par arc et par incandescence, du chauffage, de la traction électrique, de la galvanoplastie, de la télégraphie, de la téléphonie et en général de toutes les applications de l'Électricité.

Le Tome III, en préparation, aura pour objet l'étude des courants alternatifs.

L'année électrique, électrothérapie et radiographique, par le D^r FOVEAU DE COURMELLES (10^e année) : 1 volume, Paris, Librairie polytechnique Ch. Béranger, 1910.

La dixième *année électrique* du D^r Foveau de Courmelles rappelle les faits de l'année écoulée, les perfectionnements, la mise au point des découvertes antérieures, etc., en un mot, tout ce qui présente un attrait d'originalité ou de nouveauté; c'est un ensemble de faits nombreux qui laisse au lecteur la faculté de s'arrêter à ceux qui sont de nature à l'intéresser et, sans inconvénient, de laisser les autres de côté.

Bien que le côté médical, cher à l'auteur, soit plus naturellement soigné, le côté industriel n'a pas été négligé; la *Jurisprudence* fait même l'objet d'un Chapitre où sont indiqués les procès dus à l'électricité, le règlement sur l'emploi des rayons X et du radium.



LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

**La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société, tous les jours,
de 3 heures à 6 heures, excepté les dimanches et jours de fêtes,
12, rue de Staël.**

France.

- Coup d'œil d'ensemble sur la Physique moderne. La matière, l'éther, l'électricité*, par HENRI-JACQUES PROUMEN. Paris, H. Desforges, 1909; 2 vol. in-12, brochés. (*Don de l'éditeur.*)
- Couplage des dynamos et régulateurs compensés. Service électrique d'un cuirassé moderne*, par FÉLIX BAYLE. Paris, R. Chapelot et C^{ie}. 1907-1908; 2 vol. in-8, brochés. (*Don de l'auteur.*)
- Cours de Physique*, conforme aux programmes des certificats et de l'agrégation de Physique, par H. BOCASSE. Paris, Ch. Delagrave, s. d.; 6 vol. in-8, brochés. (*Don de l'éditeur.*)
- Cours municipal d'électricité industrielle*, par L. BARBILLION. 2^e édition, revue et augmentée avec la collaboration de P. BERGEON. Tome II : *Courants alternatifs*. 1^{er} fascicule. Paris, L. Geisler, 1910; 1 vol. in-8, broché. (*Don de l'éditeur.*)
- Électricité (L') de haute tension et de haute fréquence. Production, application*, par H. DE GRAFFIGNY. Paris, J. Roussel, 1910; 1 vol. in-16, broché. (*Don de l'éditeur.*)
- Guide juridique et administratif des entrepreneurs de distributions d'énergie électrique pour l'application de la loi du 15 juin 1906 et de ses annexes*, par CH. SIREY. Paris, en vente au Syndicat professionnel des Usines d'Électricité, 1910; 1 vol. in-8, broché. (*Don du Syndicat professionnel.*)
- Installations électriques de Force et Lumière. Schémas de connexions*, par ADR. CURCHOD. Préface de M. P. JANET. Paris, Dunod et Pinat, 1910; 1 vol. in-8, broché. (*Don de l'auteur.*)
- Merveilles (Les) de la Science*, par L. FIGUIER. Nouvelle édition revue, corrigée et mise à jour, par MAX DE NANSOUTY. Tome II : *Électricité*. Paris,

Boivin et Cie, s. d. (1910); 1 vol. grand in-8, broché. (*Don des éditeurs.*)
Oscillations (Les) électriques. Principes de la télégraphie sans fil, par
C. TISSOT. Paris, O. Doin et fils, 1910; 1 vol. in-18, jésus, cart. toile.
(Encyclopédie scientifique publiée sous la direction du Dr Toulouse.
(*Don des éditeurs.*)



BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE, p. 213. — Admission de Membres titulaires, p. 214. — Rapport de la Commission des Comptes (M. **Boistel**), p. 215. — Rapport du Comité d'administration (M. le **Secrétaire général**), p. 220. — Compte rendu sur le Laboratoire central et l'École supérieure d'Électricité (M. **P. Janet**), p. 221. — Nomination de trois *Membres honoraires*, p. 231. — Situation financière et bilan de la Société au 31 décembre 1909, p. 236.

Matériel employé pour la production de courants de haute fréquence dans les applications médicales (M. le Dr **A. d'Arsonval**), p. 241. — La commutation; considérations théoriques et pratiques tenant compte des récentes contributions et discussions (M. **Marius Latour**), p. 265.

Résultats des élections pour le renouvellement du Bureau, du Comité d'administration et de la Commission des Comptes, p. 284. — Allocution de M. **A. Larnau**, Vice-Président, p. 285.

CORRESPONDANCE, p. 288.

BIBLIOGRAPHIE, p. 298.

OUVRAGES OFFERTS, p. 303.

COMPTE RENDU

DE

L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE

ET DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 6 avril 1910 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. A. LARNAUDE, VICE-PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 h 35 m du soir.

Le procès-verbal de la dernière réunion mensuelle est adopté.

(¹) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque de la Société (*voir* p. 303) et des demandes d'admission suivantes :

MM.

- Alause** (Louis), Ingénieur électricien, Conducteur de travaux à la *Compagnie générale de Travaux d'éclairage et de force*, 36, rue Saint-Vincent, à Paris. — Présenté par MM. Guilbert et Cheneveau.
- Boris** (Rolland), Ingénieur de la Marine à la *Section technique des Constructions navales*, Ministère de la Marine, 2, rue de la Muette, à Paris. — Présenté par MM. Pollard et Maugas.
- Budeanu** (Constantin), 8, rue Rozelor, à Bucarest. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Busilă** (Constantin-D.), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur électricien, Sous-Chef du *Service de la construction et de l'exploitation du port de Constantza*, à Constantza (Roumanie). — Présenté par MM. Iliovici et Roy.
- Carpentier** (Jean), aux ateliers *Carpentier*, 2, rue de Fleurus, à Paris. — Présenté par MM. J. Carpentier et Violet.
- Caudrelier** (Esprit), Ingénieur des Ponts et Chaussées, attaché à la *Compagnie parisienne de distribution d'électricité*, 181, rue de Courcelles, à Paris. — Présenté par MM. A. Léauté et Courtois.
- Falguière** (Émile-Guilhaume), Professeur à l'*École Bréguet*, 195, rue de Vaugirard, à Paris. — Présenté par MM. Durand et David.
- Granger** (Paul-Théodore-Auguste), Ingénieur de 1^{re} classe du Génie maritime, attaché au *Service de la surveillance des travaux confiés à l'industrie*, 248, rue de Rivoli, à Paris. — Présenté par MM. Pollard et Maugas.
- Jeanson** (Jacques-Henri-François), Ingénieur aux ateliers *Carpentier*, 45, rue Monge, à Paris. — Présenté par MM. Picou et Brenot.
- Lauzon** (Étienne de), Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 21, rue Saint-Antoine, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Ligneau** (Henri), Enseigne de vaisseau, Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, à Réville (Manche). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Paquier** (Étienne-Victor-Valentin), Enseigne de vaisseau, à bord du *Victor-Hugo*, Escadre légère, à Toulon (Var). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Piot** (Félix-Paul-Marius), Élève à l'*École supérieure d'Électricité*, 1, rue Mizon, à Paris. — Présenté par MM. Chaumat et Mazen.
- Rieux** (Antonin-Louis), 127, boulevard Saint-Germain. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.
- Trautner** (Maurice), Ingénieur de la *Maison Legendre frères*, 48, avenue Marceau, à Courbevoie. — Présenté par MM. Boucherot et R. Raymond.
- Wetzel** (Pierre-Charles-Frédéric), Ingénieur de la Marine, 46, boulevard Émile-Augier, à Paris. — Présenté par MM. Pollard et Maugas.

Ces candidats sont élus membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le SECRÉTAIRE GÉNÉRAL communique à l'Assemblée le texte d'une

lettre informant les Sociétaires que le premier volume du Recueil des *Travaux du Laboratoire central d'Électricité* vient de paraître à la Librairie Gauthier-Villars et que le Siège social tient cet Ouvrage à leur disposition.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de M. *Vasesco* et de M. *J. Joubert*, ancien Président de la Société, dont il rappelle la carrière scientifique. Sorti de l'École Normale supérieure, *J. Joubert* avait été l'un des collaborateurs de Pasteur dans ses premières études sur la génération spontanée. Après des recherches sur la phosphorescence du phosphore, il s'était plus spécialement occupé d'électricité; ses études sur les courants alternatifs et le fonctionnement des dynamos sont devenues classiques, et ses travaux sur la machine Gramme lui valurent la plus haute récompense de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. Professeur de Physique au Collège Rollin et Inspecteur général de l'Instruction publique, il a présidé pendant 25 ans le Jury d'agrégation de Physique. En 1882, il publiait, en collaboration avec Mascart, les importantes *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme* et, en 1888, un *Traité élémentaire d'Électricité*, remarquable par la netteté de l'exposition. C'est une perte que vient de faire la Science et que déplore la Société internationale des Électriciens.

RAPPORT DE LA COMMISSION DES COMPTES POUR L'EXERCICE 1909.

M. BOISTEL, *Rapporteur*. — « Messieurs, quand, par une sorte de roulement apparent qui n'est, en fait, rien moins qu'une aimable manifestation d'égards ou de sympathie de votre part, on est (je parle des anciens comme moi) rappelé, après quelques années d'éloignement, à faire partie de votre Commission des Comptes, on éprouve, en y rentrant, un grand apaisement, en même temps qu'une profonde satisfaction : on s'y retrouve immédiatement en pays de connaissance, sans qu'aucun caprice étranger, disons mieux, aucun principe nouveau soit venu, dans l'intervalle, troubler une har-

monie préexistante ou modifier des errements connus. Ce n'est pas, bien entendu, que la comptabilité soit, *a priori* et par elle-même, sujette à changements; mais parfois, selon les circonstances, certaines rentrées peuvent recevoir des affectations différentes et certaines dépenses être portées à des comptes plus ou moins rapidement amortissables, susceptibles de dévier légèrement des principes fondamentaux, en quelque sorte organiques, qui ont présidé à la création d'une Société et au fonctionnement logique et parallèle de ses différents services. Rien de tout cela ici, Messieurs, et, malgré les incessants changements dans votre Bureau, dans les membres de vos Commissions annuelles des comptes, et plus encore dans votre Comité d'administration, les bases de votre comptabilité sont restées immuables, ce qui en rend les enseignements ou conséquences plus immédiatement comparables et sûrs.

» Si nous devons cette constance à la haute intelligence de nos Présidents successifs qui, savants ou industriels, se sont, avec un rare sens des affaires et des exigences d'une situation existante, identifiés avec elle, nous en sommes surtout redevables à notre excellent guide et trésorier, à sa conception très nette des Statuts qui nous régissent, à son esprit de méthode et à la fermeté avec laquelle, sur la brèche dès le début, il a su se bien pénétrer des exigences des multiples intérêts à satisfaire, s'y cantonner et ouvrir dans chacun des grands comptes de notre Société les compartiments nécessaires à leur clair et libre jeu et à la mise constante en vedette des résultats présentés par eux. Aussi, Messieurs, est-ce par les éloges à lui décerner et les remerciements à lui adresser que j'ai voulu commencer ce compte rendu qui, parfaitement monotone d'ailleurs, comme ses congénères (quoique nécessaire), se clôt habituellement sur la gratitude que vous ne manquez jamais, et avec juste raison, de lui témoigner.

» Ce sentiment intime ne nous a pas empêchés néanmoins d'accomplir consciencieusement l'œuvre de vérification imposée par les fonctions dont vous nous avez investis par votre vote du 7 avril 1909. Nous avons contrôlé la parfaite exactitude des écritures dont nous vous présentons le résumé, et la réelle existence des valeurs constituant l'actif énoncé.

» Prenant successivement les trois grands Chapitres entre lesquels se divisent les opérations de notre Société :

- I. Services généraux,
- II. Laboratoire,
- III. École,

nous procéderons, dans le même ordre que par le passé, à l'exposé de la situation financière dont nous vous devons compte.

» I. *Services généraux.* — De 175825,49 fr qu'il était au 1^{er} janvier 1909, l'avoir de ce compte est tombé, au 31 décembre de cette même année, à 169409,45 fr, soit en diminution de 6416,04 fr, avec un total de dépenses de 51166,80 fr contre un chiffre de recettes de 44750,76 fr. Si considérable que soit en lui-même cet excédent des dépenses sur les recettes, il n'y a pas lieu de vous en alarmer : il provient surtout de la forte subvention (14881,20 fr) que nous avons dû verser exceptionnellement cette année au Laboratoire pour achat d'appareils qui vont lui permettre d'étendre le champ de ses opérations par l'essai des compteurs et de rentrer ainsi, par encaissements successifs de redevances, dans cette grosse dépense.

» A moins de 2000 fr près, le reste des dépenses de l'exercice est resté le même que celui du précédent.

» De son côté, le chiffre des recettes est normal; les cotisations encaissées (29840 fr) sont de 1000 fr supérieures à celles de l'année dernière, et, toutes compensations faites, malgré le prélèvement de 10136,49 fr, pour l'objet ci-dessus, sur nos fonds disponibles, notre avoir n'a, comme nous le disons plus haut, diminué, et provisoirement, que de 6416,04 fr.

» Quant au fonds social inaliénable, constitué par 150 cotisations libérées et 6 demi-cotisations libérées valant ensemble 38250 fr, plus 4149,50 fr de dons divers sans affectation spéciale, soit, au total, 42399,50 fr, il est représenté, au 31 décembre 1909, d'après le cours des valeurs afférentes, en portefeuille à cette date, par 45395,43 fr.

» II. *Laboratoire.* — Nous retrouvons ici, à l'avoir de ce compte, la contre-partie du résultat signalé plus haut, soit son passage de

394856,72 fr au début de l'exercice qui nous occupe, à 410773,42 fr en fin de ce même exercice, avec une augmentation de 15916,70 fr, différence entre les recettes 73660,30 fr et les dépenses 57743,60 fr.

» Ce compte n'est d'ailleurs pas resté personnellement étranger aux acquisitions de matériel dont il s'est enrichi dans l'exercice et qui se sont élevées en réalité à 22118,85 fr contre 14881,20 fr de subvention exceptionnelle reçue ainsi qu'il est dit plus haut.

» Comme pour le compte précédent, les frais généraux d'exploitation n'ont augmenté ici que d'environ 2000 fr, soit 1000 fr pour le gaz et 1000 fr au chapitre *Personnel*.

» Les exigences sans cesse croissantes de l'industrie électrique et la matière chaque jour plus abondante qu'elle offre aux essais ou au contrôle de notre Laboratoire, pour qui elles seront une alimentation scientifique, technique et financière toujours progressive, n'ont pas laissé votre Commission des comptes indifférente aux avances de fonds qu'elles peuvent nécessiter à certains intervalles; et, en attendant que quelque nouveau généreux Mécène de l'Électricité et de notre Société en particulier, appréciant ou voyant appréciés à l'Étranger, comme ils le méritent, les travaux de ce Laboratoire, veuille bien jeter sur lui, sous forme miroitante, un regard compatissant, quelques-uns d'entre nous se sont émus du peu d'harmonie entre notre titre pompeux de *Société internationale des Électriciens* et la place réduite, pour ne pas dire nulle, que nous sommes arrivés à y faire, au moins au point de vue honorifique, aux Étrangers. Ce n'est pas un moyen d'attirer leurs bonnes grâces et les effets tangibles de leur sympathie. « Donnant, donnant », dit le proverbe. Essayons-en; donnons au moins l'exemple, et peut-être recueillerons-nous un jour une bienveillance qui nous permettra de collaborer encore plus utilement au développement international et au progrès général de la Science et de l'Industrie.

» III. *École*. — Plus souriant est l'aspect du compte de notre École supérieure d'Électricité, dont l'avoir, dans l'exercice 1909, s'est accru de 29235,35 fr, passant ainsi, du commencement à la fin de l'année, de 249457,06 fr à 278692,41 fr par le seul jeu de l'excédent de ses recettes (146093,10 fr) sur ses dépenses (116857,75 fr). Cotée et recherchée comme elle l'est, elle ne peut

que continuer à prospérer ainsi tant que le nombre des sujets brillants, munis de son diplôme, qu'elle met tous les ans à la disposition de l'industrie ne dépassera pas celui que cette dernière peut normalement absorber.

» Quant à ce produit de 29235,35 fr, il a été sagement réparti de la façon suivante :

» 11363,65 fr ont été employés en acquisition de matériel;
 » 15253,10 fr ont été placés au fonds de réserve et 2618,60 fr sont venus grossir les fonds disponibles.

» Condensés comme il vient d'être dit, les comptes de la Société se résument dès lors de la manière suivante :

PERTES ET PROFITS. — *Exercice 1909.*

	Recettes.	Dépenses.	Différences.
	fr	fr	fr
Services généraux.....	44 750,76	51 166,80	— 6 416,04
Laboratoire.....	73 660,30	57 743,60	+ 15 916,70
École.....	146 093,10	116 857,75	+ 29 235,35
	<u>264 504,16</u>	<u>225 768,15</u>	<u>+ 38 736,01</u>

pour constituer, à l'avoir, les soldes nets comparatifs correspondants :

	1908.	1909.
	fr	fr
Services généraux.....	175 825,49	169 409,45
Laboratoire.....	394 856,72	410 773,42
École.....	249 457,06	278 692,41
	<u>820 139,27</u>	<u>858 875,28</u>

avec une différence globale de 38736,01 fr en faveur de 1909. »

A l'unanimité, l'Assemblée générale approuve les comptes de l'exercice 1909, ainsi que les conclusions du Rapport présenté par la Commission.

M. le PRÉSIDENT adresse, au nom de la Société, des remerciements à M. le Trésorier.

RAPPORT DU COMITÉ D'ADMINISTRATION.

« MESSIEURS, notre Société a progressé d'une façon satisfaisante au cours de cette année. L'assiduité avec laquelle ont été suivies nos séances est la meilleure preuve de l'intérêt des Communications qui vous ont été présentées. D'autre part, les sections ont continué à travailler régulièrement, au plus grand profit de tous.

» Permettez-moi de vous rappeler en quelques mots les principaux sujets traités par les conférenciers.

» Notre regretté Président, M. Pellat, a exposé la théorie électronique des courants et de leurs propriétés; M. de Baillehache a parlé sur la loi de l'induction et en a profité pour montrer l'utilité de la méthode des vecteurs peu employée en France; M. Juppont nous a envoyé un travail sur les équations de dimension.

» En ce qui concerne les machines électriques, M. Brunswick, président de la deuxième section, a fait une étude très documentée sur les températures admissibles dans les dynamos, étude à laquelle M. Boucherot a ajouté quelques remarques intéressantes; M. Roy a exposé les résultats de ses calculs sur l'influence de la ventilation sur l'échauffement des conducteurs; MM. Dalemont et Herdt nous ont fait parvenir un travail sur le compoundage des alternateurs, que M. Blondel a complété par la description de son dispositif; M. Marius Latour nous a parlé de la commutation.

» Dans le domaine de la télégraphie et de la téléphonie, M. Devaux-Charbonnel, président de la cinquième section, nous a fait une Communication sur les lignes téléphoniques; M. André, sur les nouvelles installations téléphoniques de Paris; le commandant Ferrié, sur la télégraphie sans fil; le lieutenant de vaisseau Colin, sur la téléphonie sans fil; M. Tosi, sur les résultats obtenus au poste radiotélégraphique de Boulogne, équipé avec son système à ondes dirigées; enfin, M. Bethenod nous a parlé du rôle du circuit intermédiaire de Stone employé en radiotélégraphie et radiotéléphonie.

» Les questions relatives à la traction électrique ont donné lieu aux Communications de M. de Traz, sur certaines conditions du problème de la traction, et de MM. Bourdel, Legouez et Perret, sur la traction par courant continu à intensité constante.

» Les nouveaux appareils de mesure à deux aiguilles, du système Ferrié-Carpentier, nous ont été présentés par M. Joly; M. Broca nous a montré un ampèremètre thermique fort ingénieusement établi pour la mesure des courants de haute fréquence et de forte intensité; M. Abraham nous a fait d'intéressantes expériences avec son rhéographe double monté en hystérésigraphe pour l'étude des courbes d'aimantation.

» MM. Laporte et de la Gorce, ainsi que M. Jouaust, nous ont communiqué les résultats d'une très importante étude qu'ils ont poursuivie au Laboratoire central pour la détermination exacte de l'équivalent électrochimique de l'argent.

» Enfin, MM. Féry et Chéneveau nous ont fait une Communication sur le rayonnement des lampes à filament métallique.

» Notre Société a été durement frappée au cours de cette année. Notre Président, M. Pellat, est mort presque subitement en pleine activité; deux de nos anciens présidents, MM. H. Fontaine et Joubert, sont décédés récemment; en outre, nous avons perdu quatre membres fondateurs, MM. Chassevent, Pieper, Dunion, Laval, et seize membres titulaires, MM. Janssen, Petit-Dupont, Leveau, Cedergren, Diemand, Herbault, Gossart, Parvillée (A.), Santerre, Parent, Weber, de Loménie, Negreano, Izard, Vasesco, Decencièrre-Ferrandière.

» Malgré ces vides, je dois vous dire que le nombre de nos membres est toujours en augmentation : il atteint maintenant le chiffre de 1650. »

COMPTE RENDU SUR LE LABORATOIRE CENTRAL ET L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.

M. JANET. — « Messieurs, j'ai l'honneur de présenter à l'Assemblée générale mon Rapport annuel sur le fonctionnement des services au Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité en 1909.

I. — Laboratoire central d'Électricité.

» 1° *Matériel.* — Le matériel s'est considérablement accru en 1909, grâce à une subvention extraordinaire de la Société. Nous

signalerons en premier lieu le groupe moteur générateur destiné à l'essai des compteurs, dont nous avons annoncé l'étude dans notre Rapport de 1908. Ce groupe se compose de cinq machines montées sur le même arbre; ces cinq machines sont : 1° un moteur à courant continu de 13 kilowatts sous 110 volts; 2° deux génératrices triphasées; 3° deux génératrices diphasées; on a préféré séparer franchement ces deux systèmes qu'à la rigueur on aurait pu réunir sur les mêmes machines, pour être assuré d'une symétrie plus complète dans les phases. Les deux machines d'un des groupes, le triphasé par exemple, sont deux génératrices dont l'une est destinée à fournir le courant dans le compteur, l'autre la tension aux bornes du fil fin. La première (40 ampères, 125 volts), grâce à un jeu de transformateurs, peut donner des courants variant de 0 à 400 ampères; la seconde (10 ampères, 225 volts) peut donner des tensions variant de 0 jusqu'à 225 volts, et par l'emploi de transformateurs, jusqu'à 10 000 volts. Le côté diphasé est analogue. Toutes ces machines sont disposées de manière à donner des déphasages variables par déplacement des inducteurs autour de l'axe; ce déplacement est commandé par vis sans fin. On voit que la souplesse de ce groupe est extrêmement grande et permet tous les essais de compteurs diphasés et triphasés dans de très grandes limites de fréquence, de tension d'intensité et de décalage. Ce groupe, qui fonctionne à notre entière satisfaction, a été construit par la Société Gramme; il est complété par un tableau, construit par la Société industrielle des Téléphones, permettant d'exécuter facilement toutes les manœuvres nécessaires.

» Le reste du crédit disponible a été, pour la plus grande partie, employé en acquisition d'instruments de mesure; nous signalerons, pour le courant alternatif, quatre nouveaux wattmètres avec augmentation de nos boîtes de résistances : nous pouvons actuellement mesurer directement 10 000 kilowatts sous 24 000 volts en monophasé ou sous 13 600 en triphasé; un électrodynamomètre-voltmètre, deux électrodynamomètres-ampèremètres, quatre transformateurs d'intensité de 5 à 1200 ampères; pour le courant continu, deux millivoltmètres, trois voltmètres de précision, deux jeux de résistances étalonnées (1 , $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$) pour la mesure des intensités. Signalons d'autre part l'acquisition d'un appareil spécial pour

mesurer le couple dans les compteurs, et enfin un nouveau potentiomètre pour doubler celui que nous possédions déjà.

» 2° *Installations nouvelles.* — Nous avons, en 1909, installé une nouvelle salle destinée spécialement aux essais de compteurs pour le Ministère des Travaux publics, dont nous parlerons plus loin : c'est à cette installation qu'est affecté le groupe déjà décrit. Ajoutons que nous avons pris pour cette installation la dernière salle disponible, qui jusque-là servait aux essais imprévus et aux travaux des tiers ; le groupe lui-même et son tableau sont installés dans un couloir ; un agrandissement de nos locaux, dans un avenir très rapproché, s'impose si nous voulons maintenir le Laboratoire à la hauteur de sa tâche.

» 3° *Essais.* — Les essais effectués au Laboratoire en 1909 ont été au nombre de 1114, contre 1132 en 1908 et 947 en 1907. Les recettes pour essais courants se sont élevées à 48642,40 fr. ; contre 49765,15 fr. en 1908 et 45144,50 fr. en 1907. Il est probable que nos recettes ne pourront désormais augmenter que moyennant un accroissement notable des locaux et de matériel. Ces essais se répartissent ainsi :

Compteurs	430
Lampes à incandescence.....	189 (1)
Machines et transformateurs.....	87
Ampèremètres.....	82
Voltmètres.....	56
Piles.....	43
Haute tension.....	35
Résistances.....	35
Tôles et fers.....	30
Lampes à arc.....	19
Vérification d'installation.....	14
Isolants.....	14
Wattmètres.....	13
Accumulateurs.....	12
Paratonnerres.....	3
Divers.....	52

1114

» Dans ces essais ne figure pas le service de vérifications périodiques des installations électriques de la Chambre des Députés

(1) Portant sur 572 lampes et 1484 mesures photométriques.

que le Laboratoire exécute depuis 1898 par abonnement à forfait ; ces installations se sont développées en 1909 par suite de la substitution de l'éclairage électrique à l'éclairage au gaz dans la salle des séances, et le Laboratoire a été appelé à faire un certain nombre de vérifications supplémentaires à ce sujet : il a exécuté, en particulier, d'intéressants mesures comparatives, en divers points de la salle, sur l'éclairement et la consommation : 1° avec l'ancien éclairage au gaz ; 2° avec le nouvel éclairage électrique.

» Nous signalerons, comme particulièrement intéressants, les essais suivants :

» En premier lieu, la continuation des essais d'accumulateurs pour sous-marins exécutés pour le Ministère de la Marine ; la série qui avait commencé en décembre 1908 est à peine terminée à l'heure actuelle : cette longue durée tient à l'amélioration progressive des éléments soumis à nos essais dont un certain nombre non seulement supporte, sans se détériorer, un nombre de décharges de plus en plus grand, mais encore, soumis à la régénération, peuvent recommencer une nouvelle série d'essais d'endurance : c'est ainsi que certains de ces éléments ont pu donner environ 400 décharges au régime de 700 ampères, sans compter les décharges faites périodiquement pour assurer les mesures de capacité.

» Nous signalerons encore les essais suivants : études de nombreuses lampes à arc (lampes à charbons inclinés, lampes à vapeur de mercure dans le quartz) ; concours de piles pour l'Administration des Postes et des Télégraphes ; essais d'isolateurs jusqu'à 100000 volts à sec et sous la pluie artificielle ; essai d'un lot de 1000 isolateurs sous 10000 volts ; examen micrographique de balais en charbon, étalonnement dans des stations centrales de plusieurs compteurs à haute tension, détermination des pertes dans des tôles ordinaires et dans des tôles au silicium par la méthode du wattmètre ; étude d'aciers non magnétiques pour les blockhaus des commandants dans les cuirassés ; essais d'huiles à la tension ; essais de fusibles à 500 volts pour les multiples téléphoniques, mesure du pouvoir inducteur spécifique d'un gutta à fréquence élevée, essais de ventilateurs pour la marine, etc.

» En dehors de ces essais, le Laboratoire a été appelé à continuer, pour le Ministère de la Guerre (Administration des Poudres et

Salpêtres), les essais de réception d'un important matériel électrique, à savoir : 18 machines à courant continu, 9 machines à courant alternatif, 11 transformateurs ; il a exécuté des essais analogues pour le Ministère des Travaux publics (Service des Ponts et Chaussées), à savoir : 2 génératrices, 42 moteurs, 8 cabestans à courant continu ; et pour la Compagnie P.-L.-M., à savoir : 2 groupes moteur-synchrone génératrice, et 3 groupes moteur asynchrone-généralrice ; il faut y ajouter une quinzaine d'essais de moteurs divers (¹). Ces résultats montrent l'importance que prend depuis quelques années au Laboratoire le service des essais de machines, soit au Laboratoire même, soit sur place.

» Mais le point le plus important peut-être à signaler dans notre histoire de cette année est le suivant : par décret du 3 juin 1909, rendu par M. le Ministre des Travaux publics sur la proposition du Comité d'Électricité, les types de compteurs destinés à être mis en service dans les distributions publiques d'énergie électrique sont assujettis à une série d'essais suivant un programme fort étendu ; le même décret désigne le Laboratoire central comme établissement reconnu qualifié pour exécuter ces essais. Un grand nombre d'appareils nous ont déjà été soumis pour ces vérifications, et c'est en vue de ces essais que nous avons dû organiser un service spécial comme locaux, matériel et personnel ; ce service est aujourd'hui en pleine activité ; il est confié spécialement à M. A. Durand, chef de travaux au Laboratoire, dont la compétence en matière de compteurs est bien connue.

» 4^o *Travaux et recherches.* — Les principales recherches effectuées en 1909 ont, comme les années précédentes, porté sur les Unités électriques. Le Laboratoire central, en effet, tient à honneur de continuer et de relever ces études qui, après être nées en France au célèbre Congrès de 1881, avaient été quelque peu négligées depuis une vingtaine d'années, alors que les grands pays étrangers s'en occupaient activement. Les recherches exécutées en 1909 ont l'origine suivante :

» Rappelons qu'après la Conférence officielle sur les Unités

(¹) Un certain nombre de ces essais n'ayant pas donné lieu à certificats ne sont pas inscrits dans la liste donnée plus haut.

électriques, tenue à Londres en octobre 1908, une Commission scientifique internationale, sans caractère officiel, s'est formée pour continuer les études rendues encore nécessaires par les légères différences des résultats obtenus dans les divers Laboratoires.

» En particulier, quelques doutes subsistaient encore sur le degré de concordance qu'on peut espérer entre les diverses mesures effectuées au moyen du voltamètre à argent : l'ampère ayant été officiellement défini, à la Conférence de Londres, comme étant le courant qui, passant à travers une solution d'azotate d'argent, dépasse 1,118 mg d'argent par seconde, il était essentiel de reprendre des mesures pour voir jusqu'à quel degré d'approximation cette définition, appliquée dans divers Laboratoires, donnerait la même valeur pour l'ampère unité. C'est pour contribuer à l'éclaircissement de cette question que M. Laporte a entrepris, en collaboration avec M. de la Gorce, une étude sur l'équivalent électrochimique de l'argent dont les résultats ont été résumés dans une Note à l'Académie des Sciences et publiés *in extenso* dans notre *Bulletin*.

» D'autre part, M. Jouaust continuait ses recherches sur les éléments étalon au cadmium et sur les différents étalons de résistance possédés par le Laboratoire : ce travail vient également de paraître dans notre *Bulletin*.

» Des études analogues se poursuivent dans les Laboratoires nationaux d'Allemagne, d'Angleterre et d'Amérique. Pour établir une concordance définitive entre les mesures des quatre Laboratoires, nos collègues américains du Comité scientifique international, MM. Stratton et Rosa proposèrent d'organiser, au Bureau of Standards de Washington, des expériences comparatives et simultanées, auxquelles prendraient part des représentants des quatre Établissements en question. Le Laboratoire central d'Électricité a délégué pour cette mission de confiance son sous-directeur M. Laporte, qui s'est embarqué, le 19 mars 1910, sur la *Savoie*; à la suite d'une démarche faite auprès de M. le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, nous avons obtenu que M. Laporte fût officiellement recommandé par le Gouvernement français au Département du Commerce et du Travail des États-Unis, dont dépend le Bureau of Standards. Ajoutons qu'une partie des fonds nécessaires à l'accomplissement de cette mission a été

recueillie en très peu de temps, grâce à une souscription toute spontanée, organisée par un certain nombre de nos collègues qui sont toujours prêts à venir en aide au Laboratoire lorsque le besoin s'en fait sentir.

» Les autres travaux effectués au Laboratoire en 1909 sont des recherches d'électrophysiologie, première application, suivant la volonté du testateur, du legs Cheux, qui nous a été fait il y a quelques années.

» Voici l'origine de ces recherches : vers la fin de 1908, le Ministre des Travaux publics constituait une Commission chargée d'élaborer le texte d'une instruction sur les premiers soins à donner aux victimes des accidents électriques.

» Cette Commission, présidée par notre collègue M. le Dr Georges Weiss, fut d'avis, dès ses premières séances, qu'avant de discuter et de rédiger l'instruction qu'elle avait mission d'établir, il convenait d'instituer une série de recherches systématiques et quantitatives sur la question. Le Bureau de notre Société, sur l'initiative de M. Hillairet, entra dans ces vues et offrit à la Commission de mettre à sa disposition non seulement les ressources générales du Laboratoire central d'Électricité, mais encore les arrérages de la rente du legs Cheux, qui ne pouvaient pas trouver un meilleur usage.

» La proposition fut acceptée, et les expériences se poursuivirent au Laboratoire pendant toute l'année 1909, sous la direction, pour la partie physiologique, de M. le Dr Weiss et avec la collaboration, pour la partie électrique, de M. Ch. David, chef de Travaux au Laboratoire; les résultats, très intéressants, de ces expériences, faites sur des chiens, qui se poursuivent encore à l'heure actuelle, seront publiés dans notre *Bulletin*; ils comprennent, pour des régimes très variés de tension, d'intensité et de fréquence, le mécanisme de la mort par le courant électrique avec enregistrement graphique de la pression artérielle et de la respiration, et constitueront sans aucun doute un document fort important sur ce sujet très obscur et très compliqué.

II. — École.

» 1^o *Administration*. — Un changement important s'est effectué dans le mode d'administration de l'École en 1909 : le Comité d'ad-

ministration de la Société, en effet, a jugé utile de séparer les questions d'enseignement des questions administratives proprement dites, et de confier l'examen de ces deux ordres de questions à deux Conseils distincts; l'ancien Conseil de perfectionnement, complété par le Sous-Directeur de l'École et trois délégués des anciens élèves, dont le Président de la Société amicale et deux membres faisant ou non partie de cette Société et désignés par elle s'occupe de toutes les questions d'enseignement, de programmes, de discipline intérieure, etc., et un nouveau Conseil, plus restreint, sous le nom de Commission administrative, prépare le budget, nomme le personnel, fixe le nombre maximum d'élèves à admettre et s'occupe de toutes les questions administratives proprement dites; cette division du travail, qui ne laisse place à aucune ambiguïté, semble devoir donner d'excellents résultats.

» 2° *Matériel.* — Le matériel s'est notablement accru en 1909, puisqu'un crédit de 11000 fr environ a pu lui être consacré; signalons un frein à courants de Foucault pour essais de moteurs, deux dynamos de 4 kilowatts, plusieurs transformateurs et un très grand nombre d'appareils de mesures.

» 3° *Enseignement.* — L'enseignement de l'École s'est donné en 1908-1909 suivant le programme habituel. Notons seulement l'introduction d'une conférence nouvelle sur les accidents dus à l'Électricité, par M. le Dr Broca, et de travaux pratiques relatifs aux manœuvres de sauvetage par la respiration artificielle et la traction rythmée de la langue, dirigés par M. le Dr Camus. Cet enseignement répond à un vœu exprimé par le Congrès de Marseille de 1908.

D'autre part, la collection des calibres étalons de haute précision Johansson, qui avait été si remarquée en 1909 à l'Académie des Sciences et à la Société de Physique, a été présentée à nos élèves; cette présentation était accompagnée d'une Conférence fort intéressante de M. Spangberg.

» 4° *Voyage d'études.* — Le voyage d'études s'est effectué comme toujours à l'époque des vacances de Pâques, sous la direction de M. P. Janet, assisté de MM. Bourguignon et Marec; les installations nouvelles visitées ont été celles des forces motrices du lac de Joux.

Quarante élèves environ y ont pris part, et, comme chaque année, M. Mazen a bien voulu nous accompagner pendant une partie du trajet. Comme l'année précédente, M. Bochet et les élèves eux-mêmes avaient mis à notre disposition deux bourses destinées à faciliter le voyage à deux de nos élèves peu fortunés; de plus, M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie, à la suite de la visite dont il a bien voulu honorer l'École en 1909, nous a accordé trois bourses dans le même but. Nous remercions ici bien sincèrement ces donateurs.

» 5^e *Promotion XV* (1908-1909). — Il a été délivré, à la fin de juillet, 116 diplômes se répartissant ainsi :

Anciens Élèves médaillés des Écoles nationales	
d'Arts et Métiers.....	17
Licenciés ès sciences.....	17
Anciens Élèves de l'École Polytechnique.....	12
Officiers et Ingénieurs délégués par les Ministères..	10
Ingénieurs des Arts et Manufactures.....	10
Officiers de Marine.....	8
Élèves étrangers diplômés d'Écoles techniques	
supérieures.....	5
Ingénieurs de la Marine.....	2
Officier de l'Armée de terre.....	1
Ingénieur civil des Mines de Saint-Étienne.....	1
Élèves reçus au concours.....	33
	116

» 6^e *Promotion XVI* (1909-1910). — La promotion actuellement en cours d'études comprend 99 élèves et a la composition suivante :

Licenciés ès sciences.....	20
Élèves étrangers, diplômés d'Écoles techniques	
supérieures.....	12
Officiers de Marine.....	10
Anciens Élèves médaillés des Écoles nationales des	
Arts et Métiers.....	6
Officiers désignés par le Ministère de la Guerre....	4
Ingénieurs des Arts et Manufactures.....	3
Ancien Éleve de l'École Polytechnique.....	1
Ingénieur civil des Mines.....	1
Élèves reçus au concours.....	12
	99

» A ces élèves réguliers, il convient d'ajouter 8 auditeurs libres suivant en tout ou en partie notre enseignement.

» Comme chaque année, l'École du Génie maritime a fait effectuer par ses élèves, dans nos laboratoires ou salles de machines, un certain nombre de mesures et essais électriques.

» 7° *Anciens élèves.* — Le nombre total des anciens élèves ayant passé par l'École supérieure d'Électricité depuis sa fondation est de 1026, sur lesquels 884 ont obtenu le diplôme. Autant que nous pouvons en juger, les situations occupées actuellement par ces derniers se décomposent ainsi :

Ateliers et maisons de construction.....	267
Armée, Marine, Télégraphes.....	113
Stations centrales.....	89
Enseignement et Laboratoires.....	56
Chemins de fer.....	55
Ingénieurs-Conseils.....	35
Électrochimie et Électrométallurgie.....	28
Travaux publics.....	27
Tramways.....	23
Mines.....	21
Automobilisme.....	16
Divers.....	36
Situations inconnues.....	103
Décédés.....	17
	884

» 8° *Société amicale des anciens élèves.* — La Société amicale compte aujourd'hui 415 membres. Son principal but est d'organiser et de faciliter le placement de nos anciens élèves; ce service est fort bien organisé, et une collection de fiches, soigneusement tenue à jour et indiquant les situations et *desiderata* de chacun, permet à la Société de répondre rapidement aux offres de situation qui lui sont faites, par l'envoi d'un ou de plusieurs candidats satisfaisant aux conditions requises et capables de rendre immédiatement les services qu'on en attend.

» Les secours que la Société distribue dans la limite de ses ressources et la publication d'un *Bulletin* qui vient d'être entièrement transformé et augmenté constituent les autres manifestations de son activité.

» Signalons que la Société a reçu cette année un don de 500 fr de M. Eug. Geoffroy; nous sommes profondément reconnaissants au donateur de cette générosité si bien placée, et nous souhaitons qu'elle trouve de nombreux imitateurs.

» Telle est, Messieurs, l'histoire résumée du fonctionnement et du développement du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité pendant l'année 1909; vous y reconnaissez la permanence dans les intentions et l'activité dans le travail qui, depuis de longues années déjà, assurent le succès de l'un et de l'autre. »

M. le PRÉSIDENT, après avoir remercié MM. Aliamet, de Valbreuze et P. Janet, prend la parole :

« MESSIEURS, le Comité d'Administration a décidé de vous proposer de nommer Membres honoraires, conformément à l'art. 3 des Statuts, MM. Benoit, Marcel Deprez et Thury, qui ont rendu à l'industrie électrique ou à notre Société des services exceptionnels.

» Les premières recherches de M. Benoit se rapportent à la résistivité des métaux et à sa variation avec la température. Il a entrepris ensuite l'étude de la mesure des longueurs et des dilatations et a perfectionné, pour cela, la méthode du comparateur et l'appareil de Fizeau; c'est à cette occasion qu'il a déterminé la variation de l'indice de l'air et trouvé que le coefficient de cette variation est identique au coefficient de dilatation.

» La comparaison, faite en commun avec M. G. Tresca, du mètre international provisoire avec le mètre des Archives; la détermination, en collaboration avec M. Guillaume, de la dilatation du mètre international et de ses copies, ont imposé à M. Benoit un lourd travail qui a grandement contribué à l'unification pratique des mesures métriques.

» Un certain nombre de déterminations : celle de la toise de Bessel, celle du yard, etc..., ont permis de ramener au système métrique les mesures faites en fonction de diverses unités. Dans le même ordre d'idées, M. Benoit s'est attaché, en collaboration avec M. Guillaume, à l'étude et au perfectionnement des bases géodésiques à l'aide de fils tendus, procédé élaboré d'abord par M. Jädergrin, mais qui a pu atteindre une haute précision après la découverte de l'inyar.

» M. Benoit a apporté des perfectionnements à la plupart des méthodes de la métrologie et à la méthode de M. Michelson pour la détermination des longueurs d'ondes fondamentales en fonction du mètre. Quinze ans plus tard, cette détermination fut refaite à l'aide d'une méthode de MM. Benoit, Fabry et Pérot, et les résultats trouvés dans ces deux déterminations ont conduit, pour les longueurs d'onde fondamentales, à des valeurs ne différant entre elles que de $\frac{1}{10\,000\,000}$ environ.

» M. Benoit est revenu à deux reprises à la question des résistances électriques, à laquelle il avait consacré ses premiers travaux. Chargé par le Gouvernement français, après la Conférence internationale de 1884, de construire des étalons prototypes de l'ohm légal, il a fait l'étude complète de quatre tubes à mercure, dont les résistances, déterminées en fonction de leurs dimensions, ont concordé dans les limites de $\frac{1}{100\,000}$ environ, avec les comparaisons électriques qui en ont été faites.

» Depuis 3 ans, M. Benoit a consacré une grande partie de son labeur à la construction et à la détermination de dix étalons de l'ohm international établi avec la plus haute perfection possible. Ce travail, qui touche à sa fin, conduira à la possession d'une collection admirable d'étalons de l'ohm, véritable monument de labeur intense, ingénieux et perspicace.

» Le nom de M. Marcel Deprez est universellement connu des électriciens. Avant de se consacrer aux études d'ordre électrique, M. Marcel Deprez a fait des travaux très intéressants sur les distributions des machines à vapeur, sur les régulateurs, sur un frein dynamométrique à réglage automatique, sur un intégromètre donnant directement l'aire, les coordonnées du centre de gravité et le moment d'inertie d'une surface plane.

» En ce qui concerne les applications industrielles de l'électricité, il convient de citer, indépendamment des célèbres expériences de transport d'énergie (Munich, 1882; gare du Nord, 1883; Grenoble, 1883; Creil, 1884), la création des premiers appareils de mesure industriels, l'invention du compteur d'énergie à moteur et à frein par courants de Foucault (compteur réinventé quelques années plus tard par E. Thomson), celle des dynamos-freins si

usitées actuellement dans les essais de moteurs d'automobiles, et enfin la première réalisation d'une distribution à tension constante, au moyen d'une excitation composée de la génératrice. Ce fut M. Deprez qui sut le premier tirer parti des courbes caractéristiques des machines pour analyser leurs propriétés, et je rappellerai qu'en collaboration avec M. Carpentier il eut l'idée, antérieurement aux premiers essais industriels de E. Gaulard, d'utiliser la bobine d'induction comme transformateur pour le départ de l'énergie. De même, un de ses appareils, destiné à transmettre synchroniquement un mouvement à distance, contient le germe de la théorie des moteurs à champ tournant.

» Dans le domaine des applications d'ordre purement scientifique, M. Deprez est également l'auteur de nombreux appareils ou méthodes d'observation et de mesures tels que l'accélérographe et l'accéléromètre, construits à propos d'expériences sur la pression des gaz, sur l'inflammation des poudres et sur le retard de l'étincelle d'induction.

» Indépendamment de ces divers travaux d'une importance capitale, il est juste de signaler en terminant la part plus ou moins directe qui revient à M. Deprez dans la création de nombreux appareils dont il avait pressenti l'importance, appareils qui ont pu être réalisés dans la suite grâce aux progrès acquis en Électrotechnique.

» M. Thury est trop connu de notre Société pour qu'il soit utile d'insister sur ses mérites et d'énumérer les titres qu'il a à la reconnaissance de tous.

» Ses travaux sur la dynamo à courant continu, qu'il a contribué dans une très large mesure à perfectionner, le système série à intensité constante, qu'il a porté au plus haut degré de perfection, en font un maître. Il faudrait ajouter à cela tout ce qu'il a produit dans le domaine de la traction, dans la régulation des usines et des réseaux, etc.

» La caractéristique de son génie est d'avoir su réunir les mérites d'un excellent mécanicien à ceux d'un électricien du plus grand talent.

» Ce sur quoi je voudrais insister particulièrement, et ce qui donne à M. Thury tant de droits à notre reconnaissance, c'est l'in-

lassable dévouement avec lequel il accompagne chaque année les élèves de l'École supérieure d'Électricité dans leur voyage d'études en Suisse, quittant toutes ses occupations et revenant parfois de loin pour mettre à leur service la bonté et la simplicité qui font de lui l'ami de la jeunesse. Ceux qui l'ont vu à l'œuvre peuvent seuls comprendre quels services il nous rend en accompagnant nos élèves et en ne se lassant pas d'expliquer les moindres détails des installations après avoir fait saisir les dispositions d'ensemble. »

Mise aux voix, la proposition du Comité d'administration tendant à conférer le titre de Membre honoraire de la Société internationale des Électriciens à MM. Benoit, Marcel Deprez et Thury, est adoptée à l'unanimité.

M. le PRÉSIDENT invite les Sociétaires qui n'ont pas encore voté à venir déposer leur bulletin dans l'urne et, à cet effet, déclare la séance suspendue pendant 10 minutes.

Des bureaux de scrutin sont constitués.

A la reprise de la séance et pendant que s'effectue le dépouillement du vote pour le renouvellement statutaire des Membres du Bureau, du Comité et de la Commission des Comptes, il est donné suite à l'ordre du jour qui appelle les communications techniques.

SITUATION FINANCIÈRE.

COMPTES DE L'EXERCICE 1909

CRÉDIT.	DÉBIT.
I. — Services généraux.	
Cotisations libérées et dons.....	fr
Cotisations de l'exercice.....	1942,75
Intérêts.....	3322,55
Produits du Bulletin.....	9415,00
Profits et pertes.....	1152,20
Dons avec affectations spéciales..	883,10
Dons d'Ouvrages divers.....	14881,20
Participation de l'École à la Subven-	1400,00
tion du Laboratoire.....	960,00
Intérêts du legs Hughes.....	1114,30
» Chenx.....	1683,50
Prélèvements sur fonds disponibles.	1800,00
	1844,65
	fr
	58359,25
Bulletin.....	
Frais d'administration.....	
Personnel.....	
Frais de correspondance.....	
Frais de réunions.....	
Subvention au Laboratoire.....	
Commission électrotechnique.....	
Cotisations irrécouvrables.....	
Bibliothèque.....	
PlACEMENT au fonds social.....	
Bourse Hughes.....	
Fondation Chenx.....	
Amortissement :	
Bibliothèque.....	

II. — Laboratoire.

Report de l'Exercice précédent.....	fr
Arrrages de la rente.....	6202,15
Redevances pour essais et étalonn-	8122,75
ments.....	48642,40
Redevances des élèves et tiers...	1756,35
Subvention de la Société.....	14881,20
Profits et pertes.....	257,60
Amortissement :	
Ministère du Commerce.....	5000,00
	fr
	84862,45
Frais d'opérations et essais	
taxés :	
Machine à vapeur, moteurs à	
gaz et électrique.....	fr
Produits.....	3849,70
Atelier.....	2188,35
Déplacement du personnel..	742,15
Personnel.....	4190,55
Frais d'administration :	
Frais de bureau, correspon-	
dance et divers.....	10970,75
Coke.....	35586,90
Gaz.....	
Eau, électricité.....	

Loyer, impôts, taxes.....	224,00
Entretien des bâtiments et appareils.....	851,00
Expériences et recherches.....	205,80
Acquisition d'instruments et de matériel.....	893,50
Amortissement :.....	22118,85
Constructions.....	5000,00
	81862,15

III. — École.

Redevances des élèves et auditeurs.....	fr
Souscriptions.....	120615,50
Intérêts.....	13250,00
Profits et pertes.....	1184,60
Subvention de la Ville de Paris.....	43,00
Dons en nature.....	2000,00
	1260,00
	147353,10

Personnel.....	fr
Travaux des élèves :	52248,20
Machine à vapeur, moteurs à gaz et électrique.....	3609,55
Produits.....	1266,00
Atelier.....	3590,75
Frais de conférences, visites d'usines, etc.....	31613,15
Fournitures diverses.....	4980,55
Frais d'administration :	45060,00
Frais de bureau, correspon- dance et divers.....	2486,05
Chauffage et éclairage.....	3341,60
Entretien des bâtiments.....	5827,15
Entretien des machines et ap- pareils.....	7742,35
Impôts, assurances.....	2230,10
Participation à la subvention du Laboratoire.....	2249,65
Acquisition d'instruments et de matériel.....	1700,00
PlACEMENT au fonds de réserve.	11363,65
Amortissement :.....	15253,10
Instruments et matériel.....	1260,00
Solde créditeur.....	fr
	2618,60
	147353,10
	290279,80

290279,80

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1909.

PASSIF.

I. --- Services généraux.

ACTIF.		PASSIF.	
Fonds social (valeur au 31 décembre 1909) :	fr	Cotisations anticipées.....	fr
50 obl. P.-L.-M. 3 %/o.....	22325,00	Frais de publication	406,00
9 obl. Est 3 %/o.....	4002,75	Créditeurs divers.....	1330,80
4 obl. Ouest-Algérien 3 %/o..	1746,00	Monument Mascart.....	50,00
523 ^{fr} de rente 3 %/o.....	17180,55	Publication du Laboratoire.	4341,00
Espèces.....	141,13	Bourse Hughes	140,00
Legs Hughes (valeur au 31 décembre 1909) :	43395,43	Fondation Cheux.....	535,00
1500 ^{fr} de rente 3 %/o.....	49275,00		1982,35
Legs Cheux (valeur au 31 décembre 1909) :	40142,70		8785,15
1222 ^{fr} de rente 3 %/o.....	3810,60		
Fonds disponibles (valeur au 31 décembre 1909) :	9120,00		
116 ^{fr} de rente 3 %/o.....	12930,60		
20 obl. Nord 3 %/o.....	5731,67		
Caisse et banquier.....	1996,00		
Cotisations à toucher.....	893,50		
Débiteurs divers.....	18928,90		
Bibliothèque.....	1900,00		
Mobilier	1000,80		
Compte d'ordre.....	178194,60		

Bibliothèque.....	fr		fr
Constructions.....	2975,40		20000,00
Instrumenta et matériel.....	222976,83		11341,65
Caisse.....	204821,19		31341,65
Débiteurs divers.....	8847,95		
Cautionnement.....	2358,15	fr	
	135,55		
	442115,07		

III. — École.

Instruments et matériel.....	fr 168664,35
Constructions.....	63436,20
Fonds de réserve (valeur au 31 décembre 1909) :	fr
625 ^{fr} de rente 3 %.....	20531,25
34 obl. Orléans 3 %.....	15334,00
Fonds disponibles (valeur au 31 décembre 1909) :	
158 ^{fr} de rente 3 %.....	5190,30
3o obl. du Nord 3 %.....	13680,00
16 obl. Orléans 3 %.....	7216,00
Caisse et banquier.....	26086,30
Débiteurs divers.....	19145,94
Cautionnement.....	3350,00
Compte d'ordre.....	143,35
	418,05
	fr <u>317439,14</u>
	937749,11

Amortissement de l'em- prunt.....	fr 1523,28
Créditeurs divers.....	6053,75
Redevances des élèves pour 1910.....	31170,00
	38747,03
	<u>78873,83</u>
AVOIR net au 31 décembre 1909 :	
Services généraux.....	fr 169409,45
Laboratoire.....	41073,42
École.....	278692,41
	85887,28
	<u>937749,11</u>

Avril 1910

OFFRES & DEMANDES DE SITUATION

Les offres et demandes d'emploi sont exclusivement réservées aux Membres de la Société.
Les indications ne doivent pas dépasser cinq lignes; elles doivent autant que possible indiquer la situation demandée.

Les Membres ayant trouvé une situation sont priés d'en informer le Secrétariat.

Les annonces ne sont reproduites que trois fois; les Membres qui désireraient répéter leur annonce doivent en avertir le Secrétariat, à l'expiration des trois insertions.

La Société n'intervient que pour mettre les intéressés en communication, elle ne peut en aucune façon servir d'intermédiaire par la suite.

Pour tous renseignements, écrire au Secrétariat : 14, rue de Staël, Paris 15°.

132. — Ingénieur électricien, diplômé de l'Institut Electrotechnique de Nancy, ayant eu emplois aux services des montages, essais, bureau commercial et agence de deux importantes Sociétés de construction, actuellement Directeur d'un réseau à haute tension dont il a dirigé la construction, bien au courant des démarches administratives, demande situation.
134. — Ingénieur G. M. et E. S. E., 31 ans, deux ans dans l'industrie électrique, deux ans dans la construction navale (canots automobiles), où il s'est occupé des études, de la correspondance, de la direction du chantier, cherche situation dans exploitation ou bureau d'études dans l'industrie électrique.
135. — Ingénieur demande emploi de stagiaire dans ateliers de constructions électriques, en France ou Etranger.
136. — Ingénieur E. P. C. de Paris, ayant dirigé travaux de construction de centrales électriques spécialisé fabrication de câbles, demande situation — Dispose de capitaux.
137. — Ingénieur, 35 ans, quitterait situation actuelle importante pour une ou plusieurs occupations partielles ou intermittentes.
138. — Ingénieur électricien, 37 ans, diplômé de l'Ecole Supérieure d'Electricité de Paris, ayant débuté dans un secteur, puis dirigé une maison d'installations électriques, attaché depuis plusieurs années au bureau d'études techniques d'un grand établissement financier, recherche poste similaire ou poste d'Ingénieur conseil.
139. — Ingénieur électricien, 29 ans, au courant des installations et service commercial, recherche situation de préférence dans exploitation, installation, service commercial ou représentation.
140. — Ingénieur diplômé de l'Ecole Supérieure d'Electricité, 25 ans, ayant eu emploi dans centrale électrique et bureau d'études, désire place d'ingénieur électricien dans exploitation, installation ou construction. Bonnes références.
141. — On demande un Ingénieur pour diriger une construction de tramways à l'Etranger. S'adresser à M. Gasquet, 20, rue de Londres, Paris.
143. — On demande un Ingénieur électricien pour le service commercial. S'adresser à la Société Gramme, 20, rue d'Hautpoul, Paris.
144. — Ingénieur A. M., E. S. E., représentant matériel électrique région parisienne, désire s'adjoindre pour cette région, représentation maison porcelaine haute tension.
145. — Ancien élève de l'Ecole Polytechnique, diplômé E. S. E., neuf ans d'études et montages dans importante Société, se chargerait de traductions d'ouvrages techniques anglais ou allemands.
146. — Ingénieur, 23 ans, diplômé de l'Ecole Supérieure d'Electricité et de l'Ecole Pratique d'Electricité Industrielle, attaché à la traction d'une grande C^e de chemins de fer, recherche emploi dans la construction et l'installation électrique, à Paris ou banlieue.
147. — Une grande Maison Française d'Electricité, dont le matériel est très répandu, cherche un représentant expérimenté, ayant déjà occupé avec succès des fonctions similaires.
148. — Officier de marine, 30 ans, Ingénieur E. S. E., plusieurs années de pratique, cherche situation dans exploitation ou services commerciaux. Irait aux Colonies.

THE SITUATION OF WOMEN IN GERMANY

The situation of women in Germany has been a subject of much discussion and debate in recent years. The role of women in society, the workplace, and the home has evolved significantly since the end of the Second World War. The German Basic Law of 1949, which established the Federal Republic of Germany, guaranteed equal rights for men and women. This was a significant step forward, but it was not enough to ensure that women were treated as equals in all areas of life.

In the workplace, women have made significant gains in terms of employment and pay. However, they still face discrimination and unequal pay for equal work. In the home, women are still expected to do most of the housework and childcare, which can be a heavy burden. The German government has taken steps to address these issues, but more needs to be done to ensure that women are treated as equals in all areas of life.

The situation of women in Germany is a complex one, and it is one that requires ongoing attention and action. The German government and society as a whole must continue to work towards achieving true equality for women. This is not only a moral imperative, but it is also a practical one. Women are an essential part of the German workforce and society, and they deserve to be treated as such.

HAUTE FRÉQUENCE MÉDICALE ET TÉLÉGRAPHIE SANS FIL.

M. D'ARSONVAL. — « A la suite de la Communication du Commandant Ferrié (janvier 1910) et à l'occasion du Congrès international de Physiothérapie tenu ces jours derniers à Paris on a dit et écrit que la haute fréquence médicale avait bénéficié des progrès et de l'instrumentation de la Télégraphie sans fil.

» J'ai protesté au Congrès, et je proteste ici, contre cette assertion erronée.

» La haute fréquence médicale n'a rien *emprunté* à la Télégraphie sans fil et tout au contraire elle a *prêté* à cette dernière un certain nombre de ses dispositifs, comme je vais essayer de le démontrer.

» L'application à la Médecine des courants de haute fréquence remonte déjà à 20 ans, c'est-à-dire à une époque bien antérieure à la découverte de la Télégraphie sans fil.

» A la suite de mes expériences notre regretté collègue Hospitalier écrivait dans l'*Industrie électrique* d'avril 1892 cette phrase comme conclusion : « *Le problème de l'action physiologique des courants de toutes les fréquences* était résolu en France par M. d'Arsonval, bien avant les Communications de M. Tesla ». Cela ressort de la lecture des Communications que j'ai faites à notre Société, la première en avril 1892, la seconde en avril 1897 et auxquelles je renvoie.

» Pour démontrer les propriétés physiologiques des courants de haute fréquence je m'étais servi tout d'abord en 1889-1890 de l'oscillateur de Hertz. Ces expériences, connues des seuls physiologistes, étaient ignorées des électriciens. Cela tenait à ce que l'énergie électrique qu'on pouvait faire passer à travers le corps par le dispositif de Hertz, étant très faible, l'expérience n'était pas saisissante.

» Ce n'est que lorsque Tesla, en 1891, eut doté la science d'un procédé capable de fournir des courants de haute fréquence et de grande intensité que j'ai pu introduire cette modalité électrique dans l'arsenal de la thérapeutique.

» Tout le monde connaît aujourd'hui le dispositif de Tesla, je ne le décrirai donc pas (*fig. 1*).

» Pour l'adapter au but que je poursuivais j'ai dû le modifier. Tel qu'il était il eût présenté de graves dangers pour le patient.

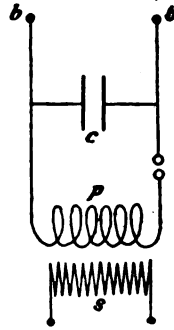


Fig. 1.

» Il le mettait, en effet, par un point en contact avec le courant de basse fréquence employé pour charger périodiquement le condensateur.

» Le dispositif symétrique de la figure 2, seul employé en médecine, donne toute sécurité à cet égard.

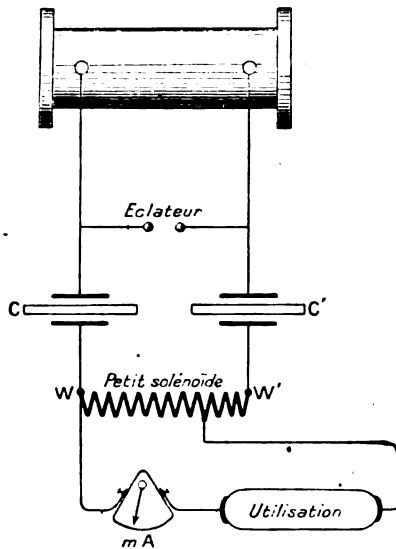


Fig. 2.

» J'ai indiqué trois procédés différents d'utilisation du courant qui prend naissance dans le solénoïde.

» 1° *Application directe.* — Le malade, comme l'indique la figure, est placé en dérivation sur les spires du solénoïde dont on fait varier le nombre pour graduer le courant dont l'intensité peut atteindre plusieurs ampères sans produire d'autres effets subjectifs qu'une sensation de chaleur due à l'effet Joule. Dans une Communication prochaine j'exposerai tout le parti qu'on tire actuellement de cet effet tant en médecine qu'en chirurgie (*fig. 2*).

» 2° *Méthode de l'auto-conduction.* — Le malade est plongé dans un

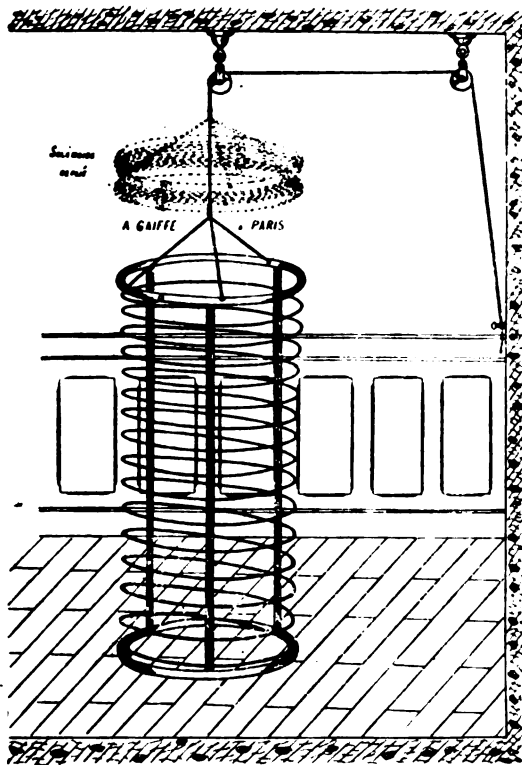


Fig. 3.

grand solénoïde, mais *sans contact avec lui*; il devient ainsi un *induit* dont chaque cellule est le siège d'un courant particulière fermé sur lui-même (*fig. 3*).

» 3° *Méthode du lit condensateur.* — Le malade, étalé sur une chaise longue, est relié à une des extrémités du petit solénoïde. La deuxième extrémité communique avec une large plaque métal-

lique, placée sous le patient et séparée de lui par un matelas isolant.

» Le malade constitue ainsi l'une des armatures d'un condensateur, la plaque métallique l'autre armature. Un courant intense (plus d'un ampère) peut circuler dans ce circuit ouvert (*fig. 4*).

» Chacune de ces méthodes d'électrisation donne des résultats physiologiques et thérapeutiques qui lui sont propres et sur lesquels j'insisterai dans un autre travail.

» En 1899, le professeur autrichien Benedikt (de Vienne) a pro-

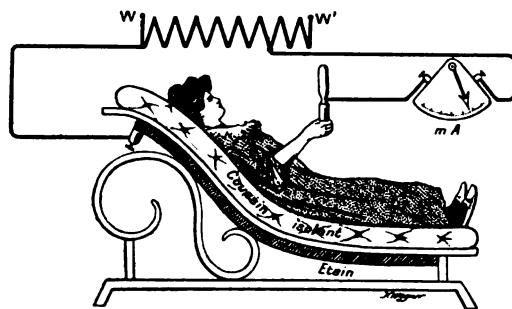


Fig. 4.

posé pour les désigner l'expression de *d'Arsonvalisation* qui a été adoptée peu à peu par les Électrothérapeutes de tous les pays. Employée également par le professeur Nagelschmidt (de Berlin), son adoption a été décidée, sur la proposition du professeur Bergonié (de Bordeaux), lors du dernier Congrès international de Physiothérapie. Si elle paraissait peu euphonique à quelques-uns, ils reconnaîtront, j'espère, que j'ai une excellente raison pour ne pas être de leur avis : complètement étranger à son adoption, je pourrais être taxé de fausse modestie si je ne l'avouais pas.

» En actionnant la bobine de Ruhmkorff par une pile ou des accumulateurs j'obtenais à travers le corps un courant de 5 à 6 dixièmes d'ampère.

» En remplaçant le courant continu par un alternateur Siemens j'ai pu, en 1892, porter cette intensité à 3 ampères, ainsi qu'il résulte de la conférence que j'ai faite le 20 avril 1892 à la Société de Physique et également à notre Société à la même date.

» Ces mesures furent contrôlées par Cornu et Marey, qui servaient

de patients, à l'occasion des Notes que j'ai présentées à l'Académie des Sciences le 20 mars et le 3 juillet 1893, cette dernière contenant le procès verbal rédigé par Cornu.

» Dans les mêmes conditions, un courant alternatif de basse fréquence (42 périodes par seconde) devient intolérable, à 12 ou 15 milliampères, par suite des douleurs et des contractions musculaires violentes qu'il provoque.

» Avec la haute fréquence l'effet calorifique persiste seul. Il est vrai qu'on peut le pousser jusqu'à la destruction complète des tissus par cuisson (*voir* ma Note, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* du 30 décembre 1901, p. 1297).

» Lorsqu'on veut obtenir des effets puissants, en employant par exemple le courant alternatif pour exciter un transformateur industriel, on est gêné par l'arc qui se produit entre les boules de l'éclateur. Il s'agit, pour obtenir une décharge oscillante, de se débarrasser tout d'abord de cet arc. On y arrive par divers procédés qui peuvent se classer en deux catégories :

» 1° Soufflage de l'arc par des moyens mécaniques; 2° suppression de cet arc par des moyens purement électriques.

» Le premier procédé, pratiqué dès l'origine de la bobine de Ruhmkorff (*voir* Notice de du Moncel), a été employé par Elihu Thomson dans le cas spécial de la haute fréquence. Il consiste à projeter sur les boules de l'éclateur un violent courant gazeux qui rompt l'arc et rend la décharge oscillante.

» Ce procédé est très efficace mais nécessite une installation spéciale et une assez grande dépense d'énergie.

» Lorsque j'ai installé, pour l'Exposition de 1900, la bobine de haute fréquence donnant une étincelle de 2 m de longueur, il a fallu souffler vigoureusement l'étincelle à l'éclateur. Le transformateur employé était du type Labour sans fuites magnétiques. Il pouvait absorber jusqu'à 30 kilowatts et donner 90000 volts au secondaire.

» Les condensateurs à lames planes étaient noyés dans le pétrole. Ce sont les mêmes qui, aujourd'hui, servent à la Télégraphie sans fil et qui servaient déjà, sous un volume moindre, en haute fréquence médicale dans mes appareils construits par la maison Gaiffe.

» Comme je ne pouvais avoir d'air comprimé au sommet du palais de l'Électricité, j'ai imaginé en 1900 les exposeurs rotatifs dessinés

ci-dessous, tels qu'ils figurent dans mon brevet du 15 février 1900, dont voici un extrait :

» Mon nouveau moyen mécanique consiste à animer d'un mouvement latéral quelconque, mais rapide, un ou les deux excitateurs, en ayant soin seulement que la distance explosive existe toujours ; je produis ainsi sur l'étincelle le même effet que si l'on soufflait un jet d'air dessus, le déplacement des électrodes dans l'air au repos équivalant à un déplacement d'air sur des électrodes en repos.

» La forme la plus simple, pour remplir le *desideratum* exprimé ci-dessus, consiste à faire éclater l'étincelle entre deux lames vibrantes *a*, *a* (*fig. 5*).

» Un autre procédé, dérivant du même principe, consiste à faire



Fig. 5.

tourner rapidement les deux électrodes *a'*, *a'*, l'une en face de l'autre, dans deux plans parallèles à l'écartement nécessaire pour l'explosion (*fig. 6*).

» Enfin, on peut remplacer une des électrodes par un disque

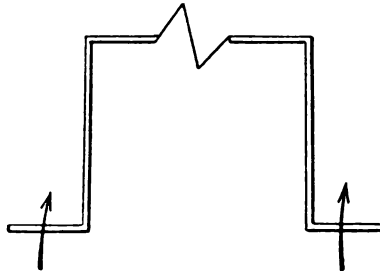


Fig. 6.

métallique *a''*, maintenu immobile, l'autre, au contraire, étant formée par une pointe mobile dans un plan parallèle au disque et se déplaçant avec une grande rapidité, soit en face du disque (*fig. 7*), soit en face de la tranche de ce disque (*fig. 8*), mais en étant toujours à une distance explosive.

» D'autres dispositifs peuvent être employés dans le même but. C'est ainsi que si nous remplaçons une des électrodes par un disque animé d'un mouvement de rotation très rapide et que nous fassions

éclater l'étincelle entre la tranche du disque et une pointe fixe

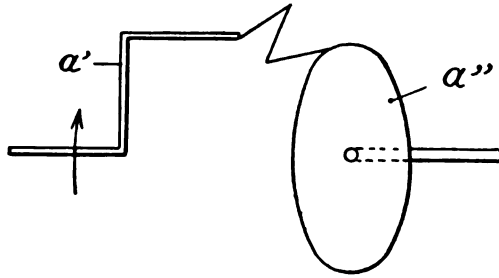


Fig. 7.

(fig. 9) ou mobile (fig. 10), le déplacement d'air, occasionné par la

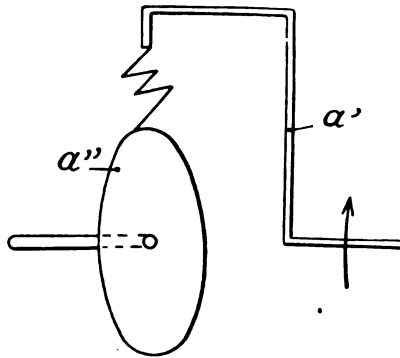


Fig. 8.

rotation du disque, tend à empêcher la formation de l'arc.

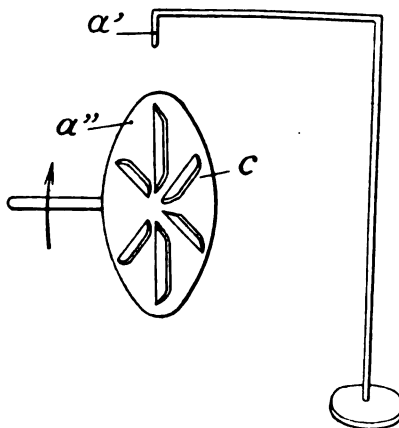


Fig. 9.

» On peut améliorer l'effet de ce dispositif en ménageant sur le

disque mobile des saillies c de toutes sortes qui tendent à augmenter

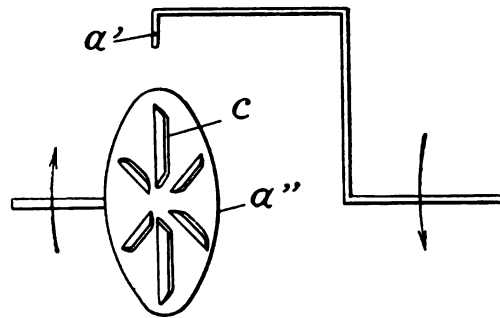


Fig. 10.

le mouvement de l'air; un ventilateur, sur le bord extérieur duquel on ferait éclater l'étincelle, conviendrait très bien.

» On peut aussi augmenter le soufflage de l'arc en le faisant

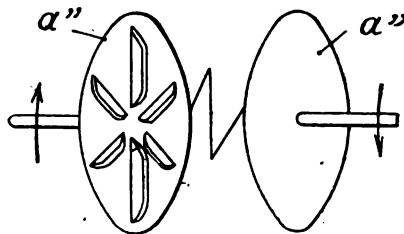


Fig. 11.

éclater entre la tranche de deux disques (fig. 11), ou de deux venti-

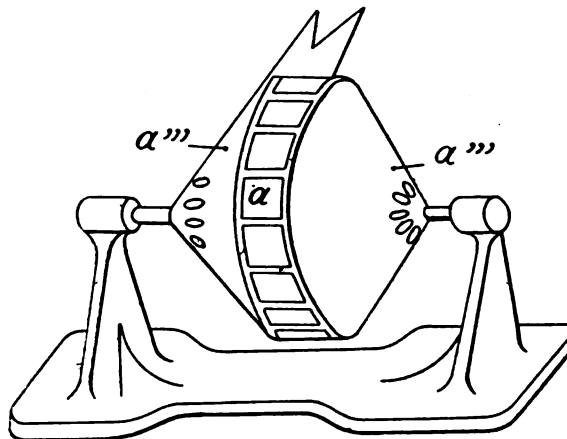


Fig. 12.

lateurs animés d'un mouvement rapide et dont la distance des tranches correspond à la distance explosible.

» On peut encore construire un ventilateur, constitué par deux

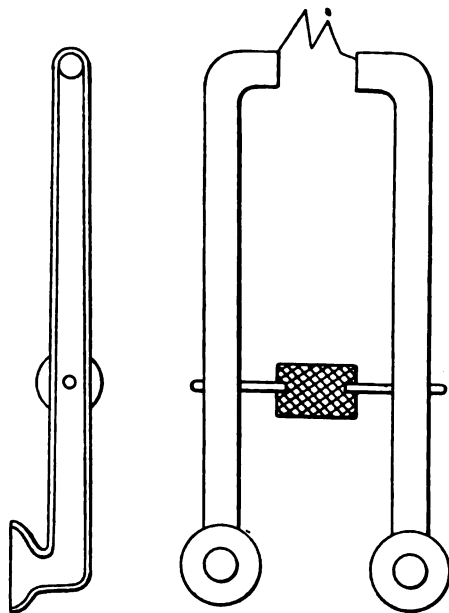


Fig. 13.

corps coniques a'' , a''' , en métal, reliés par des traverses a , en

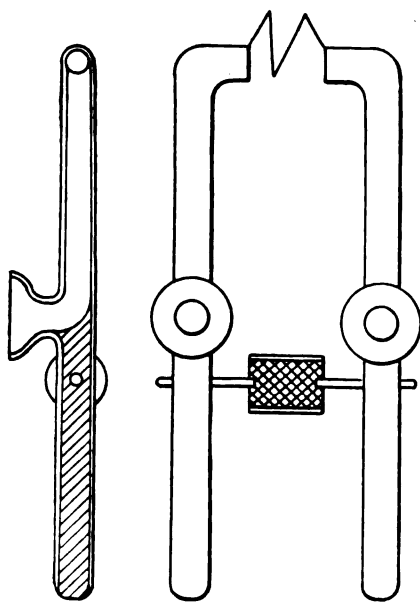


Fig. 14.

matière isolante, et faire jaillir l'arc entre les deux corps (fig. 12).

» Enfin, on peut faire éclater l'étincelle entre les bords de deux tubes métalliques tournant dans le même sens, mais dont la rotation est utilisée pour créer un jet d'air, les deux jets d'air ainsi formés venant s'épanouir sur l'étincelle (*fig. 13 et fig. 14*).

» Je vous présente le grand explodeur rotatif qui a fonctionné en 1900 au palais de l'Électricité. Il a 2 m de diamètre et donnait lieu à des effets lumineux et bruyants que vous trouverez décrits dans ma Note à l'Académie des Sciences du 17 avril 1900. Je le fais fonctionner devant vous en modèle réduit. Vous pouvez voir que le nombre des décharges du condensateur, pendant une demi-période, varie à volonté si l'on manœuvre la self primaire, conformément à ce que j'avais montré à la Société dans ma Communication d'avril 1897 au moyen d'un miroir tournant synchroniquement avec la période du secteur.

» Ces explodeurs rotatifs ont été utilisés en 1900 et pendant un certain temps sur mes appareils médicaux construits par la maison Gaiffe; mais nous y avons renoncé par la suite à cause du bruit qu'ils faisaient et de l'impression désagréable qu'ils causaient au malade.

SOUFFLAGE PAR PROCÉDÉS ÉLECTRIQUES ET RESONANCE.

» 1° *Résonance de haute fréquence.* — Les phénomènes de résonance, utilisés aujourd'hui par la télégraphie sans fil, ont été appliqués à la haute fréquence médicale dès le début.

» C'est mon ami le D^r Oudin qui, pour la première fois, en a

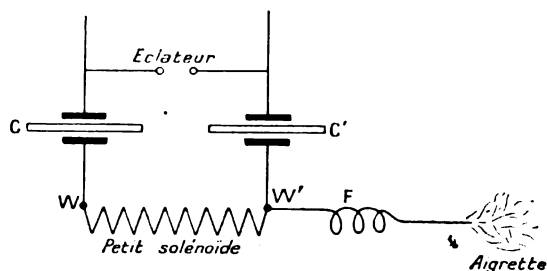


Fig. 15.

muni mon appareil de haute fréquence en lui adjoignant son résonateur aujourd'hui classique.

» La première description de cet appareil a été donnée par le

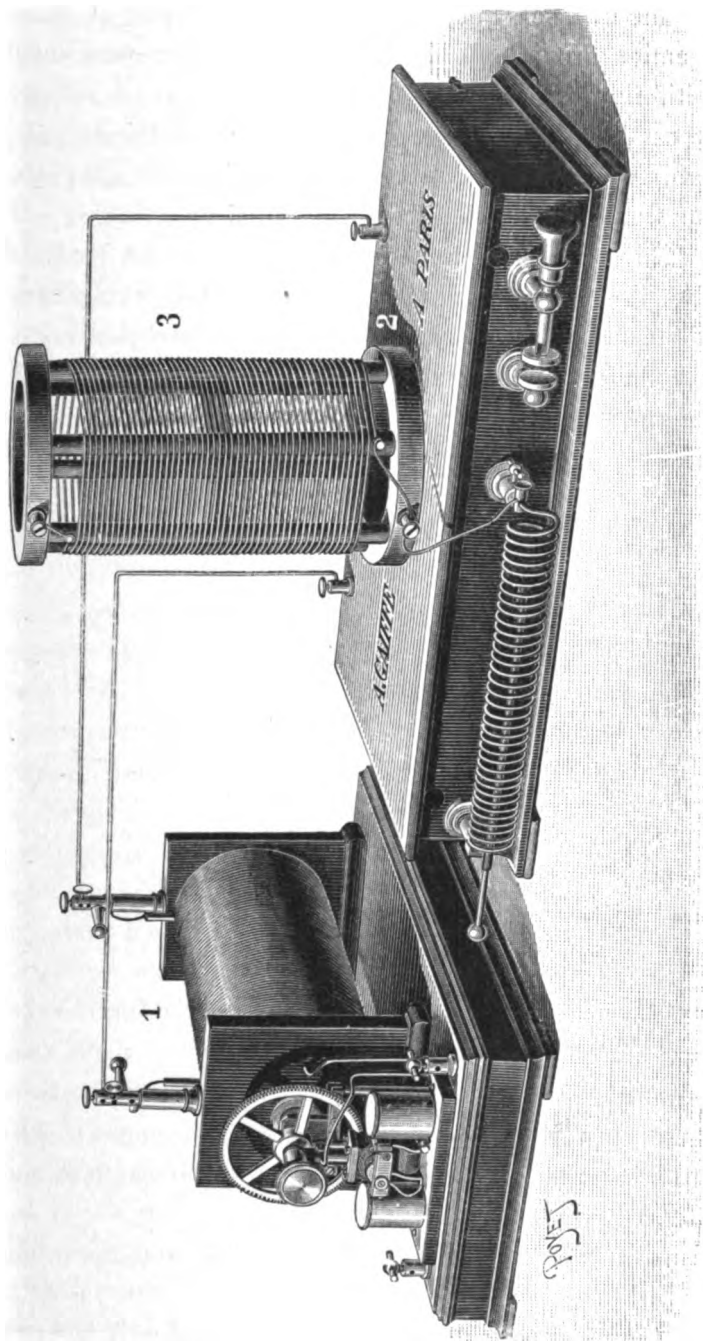


Fig. 16.

D^r Oudin dans l'*Electricien* du 5 août 1893.

» Il consistait, au début, à adjoindre à mon appareil un solénoïde F ayant une self déterminée capable d'entrer en résonance avec le premier circuit. Cet ajustage préalable fut rendu inutile par le dispositif figuré ci-dessus (*fig. 15* et *fig. 16*). La self de mon solénoïde est rendue variable par un contact intérieur qui prend plus ou moins de spires et s'accorde ainsi facilement à la période du résonateur Oudin qui reste fixe.

» Plus tard, en 1897, Congrès de Moscou, 16 août, Oudin décrit une modification de son premier dispositif. Il utilise toujours mon appareil primitif, mais en divisant le circuit en deux parties inégales (voir *fig. 17*) une partie inférieure, dont l'extrémité V est reliée à l'armature externe d'un des condensateurs. L'armature de l'autre condensateur communique avec un curseur *c* relié à W' qui peut se

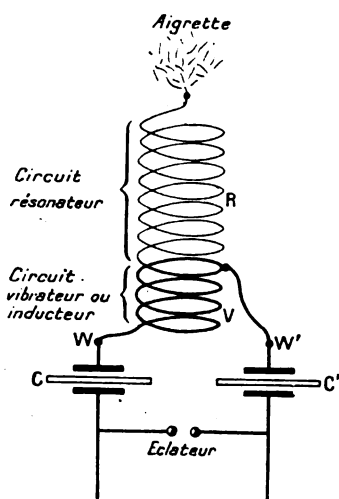


Fig. 17.

déplacer sur les spires du circuit vibrateur. C'est en déplaçant ce curseur qu'on réalise l'*accord électrique* (la résonance) entre les deux circuits et qu'on obtient à l'extrémité du circuit R la tension et l'aigrette maxima.

» Ce dispositif de Oudin est largement utilisé en télégraphie sans fil aujourd'hui.

» On trouvera l'exposé détaillé des belles recherches de Oudin dans les recueils suivants : *Électricien*, 5 août 1893; *Société française d'Électrothérapie*, 16 novembre 1893; 12^e Congrès international

de Médecine tenu à Moscou du 19 au 26 août 1897; *Annales d'Électrobiologie*, juillet, août 1889.

» Pour être complet je dois dire que M. P. Janet a réalisé dès 1892 une expérience de *résonance en haute fréquence* identique à celle qu'on emploie dans les ondemètres d'aujourd'hui. On la trouvera décrite par l'auteur dans le *Journal de Physique* 3^e série, t. I, p. 372, 1892. Cet auteur signale également que les courants de Tesla sont probablement beaucoup moins *amortis* que ceux de Hertz.

» En se mettant par la pensée dans l'état d'esprit où nous étions en 1892, on reconnaîtra que Janet et Oudin ont quelque titre à voir leurs noms prononcés quand il s'agit de résonance électrique.

» 2^o *Résonance en basse fréquence*. — En 1895 j'ai fait une série d'essais pour obtenir la *résonance directe* sur courant alternatif à 110 volts par l'accouplement en série d'un condensateur et d'une self.

» J'étais arrivé ainsi à avoir par *résonance directe* des surtensions qui dépassaient 4000 volts sur un circuit à 110 volts.

» C'est l'expérience que je reproduis sous vos yeux. En manœuvrant le noyau de fer de la self, vous voyez que nous passons par un maximum d'environ 1200 volts sur ce circuit de 110 volts.

» Ce dispositif nécessite des capacités et des self trop considérables en pratique.

» Je fis alors la réflexion suivante : Si je prends un transformateur industriel à *circuit magnétique fermé*, tout phénomène produit dans l'un des circuits retentira forcément sur l'autre circuit.

» Je pourrai donc laisser la self sur le primaire, mettre le condensateur sur le secondaire et les équilibrer l'un par l'autre comme dans le cas ci-dessus de *résonance directe*. Je réduirai ainsi singulièrement la capacité de mon condensateur mais dans quelles proportions ? C'est facile à voir sans calculs. Supposons que ma capacité soit la même qu'en résonance directe et que la tension au secondaire soit égale à 100 fois la tension primaire.

» La différence de potentiel aux bornes du condensateur sera 100 fois plus grande, la quantité d'électricité accumulée sera également 100 fois plus grande. La quantité d'énergie emmagasinée dans le condensateur sera donc $100 \times 100 = 10000$ fois plus grande,

c'est-à-dire proportionnelle *au carré* du rapport de transformation. Je pourrai donc, en employant un transformateur *sans fuites* réduire la capacité dans le rapport du carré de transformation.

» C'est cette association : *transformateur industriel à circuit magnétique fermé, bobine de self variable sur le primaire, condensateur de capacité réduite sur le secondaire* qu'on trouvera décrite dans mon brevet du 24 juin 1896. J'y spécifie en outre le rôle de la self primaire dans cette phrase : « Il ne faut pas croire que cette » self-induction joue simplement le rôle d'une *Schocking Coil* abais- » sant la tension aux bornes du transformateur, comme le ferait un » rhéostat quelconque. Au contraire, on observe que, lorsqu'on est » dans les conditions convenables, la tension du transformateur » augmente bien que le courant diminue. »

» Pour réaliser ces expériences, j'avais fait construire par Labour un transformateur à circuit magnétique fermé de 3 kilowatts ayant deux circuits primaires et quatre circuits secondaires qu'on pouvait coupler de toutes les manières, ainsi qu'une bobine de self à noyau mobile et à quatre circuits.

» C'est le transformateur et la bobine de self que vous avez sous les yeux et qui ont déjà fonctionné ici même dans la séance d'a-

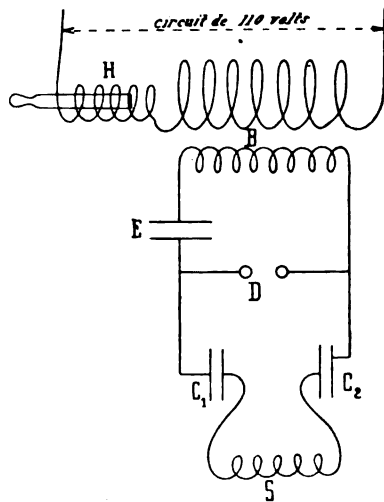


Fig. 18.

vril 1897 et décrits également dans ma Note à l'Académie des Sciences du 6 juillet 1896. Je renvoie à ces trois publications pour les détails qu'il est inutile de reproduire ici (*fig. 18*).

» C'est ce dispositif simplifié qui a été adopté jusqu'en 1900 pour tous mes appareils de haute fréquence médicale construits et livrés par la maison Gaiffe.

» Avec lui, l'arc était soufflé automatiquement pour des régimes assez différents et suffisants dans la pratique.

» Mon excellent ami, M. Potier, notre ancien regretté président, avait bien voulu, à ma demande, établir la théorie mathématique de ces phénomènes et il m'écrivait un jour à ce sujet : « Cher ami, ne » vous tourmentez pas, vos expériences seront tout aussi éloquentes » sans formules. Quand vous aurez terminé, je ferai cette cuisine, » d'autant que ça collera toujours mieux après qu'avant. » La maladie et la mort ont empêché la publication de ce travail.

» Le transformateur à circuit magnétique fermé présenta dans la pratique l'inconvénient de crever à plusieurs reprises par suite des surtensions. Je dis alors à Labour : séparez les deux circuits ; enroulez le primaire sur une jambe du noyau de fer et le secondaire sur l'autre jambe. Étant séparés, ils ne risqueront pas de se court-circuiter. Labour m'objecta que j'aurais ainsi une mauvaise utilisation et des fuites magnétiques énormes. Il ne fut pas donné suite à mon projet. Je revins à la charge auprès de Gaiffe qui, en 1903, réalisa cette combinaison.

» Elle nous donna pleine satisfaction pour la haute fréquence médicale, et c'est ainsi que fut construit le meuble intensif qui permit aux médecins de faire à la fois la haute fréquence et les rayons X. Cet appareil est représenté schématiquement par la figure 19. Le condensateur de garde empêche les oscillations de haute fréquence de faire retour dans le transformateur et de compromettre son isolement. Les résistances liquides *RR* et les fuites magnétiques rendent inutile la bobine de self sur le primaire (1).

» Lorsqu'on voulut appliquer à la Télégraphie sans fil ce transformateur à fuites, on constata expérimentalement qu'il jouissait de propriétés très précieuses, que MM. Gaiffe et Gunther ont résumées dans la note suivante :

(1) Voir *Comptes rendus*, 8 février 1904, p. 325.

» Le transformateur préconisé par la Maison GaiFFE pour la télégraphie sans fil est celui qu'elle emploie depuis 1903 pour les appareils de haute fréquence, système d'Arsonval. Il a comme principales caractéristiques d'avoir le primaire et le secondaire bobinés sur des portions différentes du circuit magnétique, ce qui rend pos-

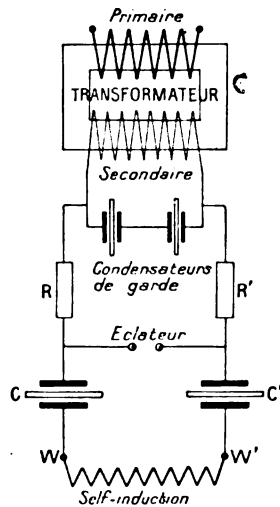


Fig. 19.

sibles des fuites considérables, et d'avoir un circuit secondaire d'une self-induction telle que, pour la période du circuit d'alimentation, il entre en résonance avec la capacité qu'il est destiné à charger.

» Ces deux conditions étant réalisées, il en résulte des propriétés toutes particulières à ces transformateurs en même temps que des avantages considérables.

» Nous ferons d'ailleurs remarquer que fuites et résonance sont intimement liées dans ces appareils et que la résonance n'est parfaite que parce que les fuites existent. C'est ce qu'une sommaire étude mettra en lumière.

» Supposons, tout d'abord, le cas d'un transformateur à fuites dont le secondaire est fermé en court-circuit (*fig. 20*) :

1 est le circuit primaire bobiné sur la portion A du circuit magnétique,

2 est le secondaire bobiné sur la branche B; supposons 2 en court-circuit, si E^1 représente, en grandeur et phase, la force électromotrice primaire, φ_1 sera (en phase) le flux primaire, le $\frac{d\varphi}{dt}$ sera en E^2 et le courant secondaire naissant dans le circuit 2 sera, à cause de la self-induction, un courant en retard de $\frac{\pi}{2}$ sur E^2 en supposant la résistance du circuit 2 négligeable.

» Le flux propre au courant secondaire sera donc en phase avec I^2 ; il aura par suite la position φ_2 , en opposition avec φ_1 . Ceci veut

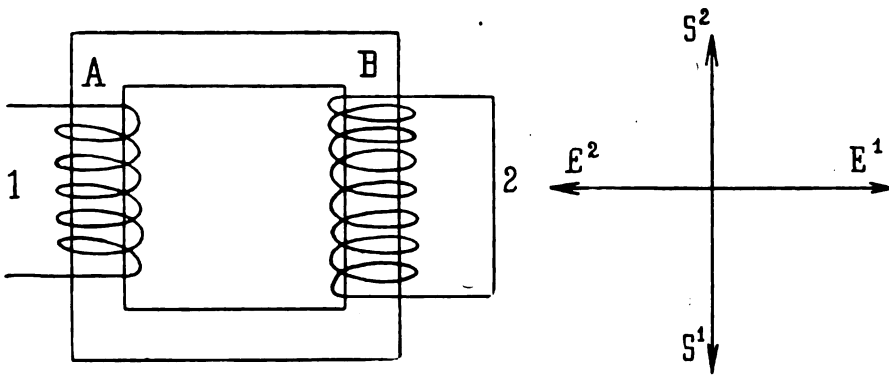


Fig. 20.

dire que le flux primaire, naissant dans la branche A, rencontrera, dans la branche B, une force contremagnétomotrice créée par le circuit 2 qui le forcera, au moins en partie, à se fermer à travers l'air malgré la réluctance de ce dernier.

» Le circuit 2 formera donc comme un écran magnétique, plus ou moins parfait, pour le flux créé par le circuit 1 et 1 deviendra l'équivalent d'une bobine de self-induction à noyau ouvert.

» Travaillant dans ces conditions, nos transformateurs prennent moitié moins de puissance que pendant leur fonctionnement normal sur capacité; c'est déjà un précieux avantage, puisque les court-circuits éventuels ne sont, en aucune façon, un danger ni pour le transformateur, ni pour la source.

» Supposons maintenant que le secondaire soit fermé sur une capacité c (fig. 20 bis), E^1 , φ et E^2 représenteront encore la force électromotrice primaire, le flux primaire et la force électromotrice secondaire; mais l'intensité secondaire, servant à charger la capacité c , sera en avance sur la différence de potentiel secondaire, et

cette avance pourra même être à la limite de 90° . Le flux créé par le secondaire viendra donc, dans ce cas, s'ajouter au flux primaire; il le renforcera.

» En somme, dans ces conditions, on peut presque dire que le circuit 2 appelle le flux; c'est ce qui se passe dans nos transformateurs. Si la capacité et la self-induction secondaire ont comme période la période du circuit d'alimentation, il se passera même le phénomène suivant : la première onde alternative produit le flux φ_1 ,

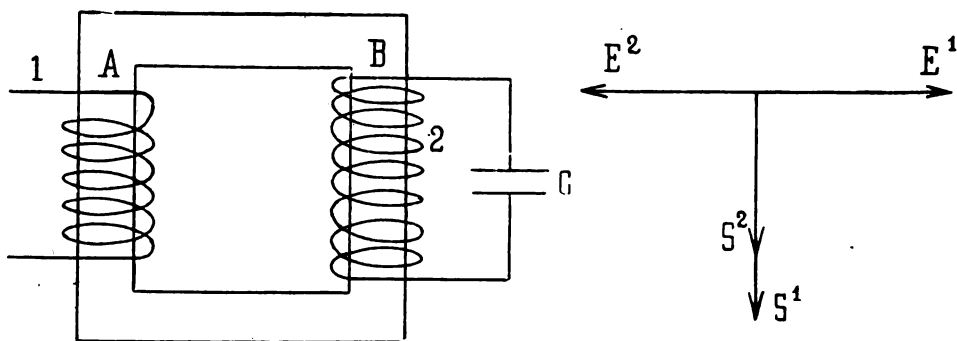


Fig. 20 bis.

qui, en disparaissant, charge la capacité. Cette dernière se décharge avec la période du secteur d'alimentation, et le flux secondaire φ_2 qui en résulte est exactement en phase avec le flux de la deuxième onde d'alternatif : il s'ajoute à lui, de sorte qu'à leur disparition, la charge qui apparaît dans les condensateurs est plus importante qu'à la première onde, et pareille augmentation se manifestant à la troisième, à la quatrième onde etc., on a ce qu'on est accoutumé d'appeler la *résonance*. A mesure que le flux augmente dans le secondaire, la tension augmente aux capacités.

» Ceci ne représente d'ailleurs pas intégralement le phénomène ; le flux secondaire ainsi exagéré ne peut traverser le primaire car il induirait dans ce dernier une f. e. m. supérieure à celle du circuit d'alimentation, et cette f. e. m. ne pourrait que débiter sur la génératrice qui, dans ce cas, deviendrait réceptrice ; il en résulterait une inversion de courant primaire, et le nouveau flux primaire serait cette fois en opposition avec le flux secondaire qui l'aurait créé.

» Cette transformation, de la génératrice en réceptrice, n'étant pas possible, tout se passe comme si le circuit primaire formait écran magnétique pour le supplément de flux secondaire; ce dernier se fermera donc dans l'air en dehors du circuit primaire. Nos transformateurs ont donc, comme première particularité importante, de présenter une branche du circuit magnétique qui travaille à plus grande saturation que l'autre.

» Ceci peut d'ailleurs être facilement vérifiable si l'on enroule, sur chacune des branches A et B, deux circuits témoins identiques, aux bornes desquels on prendra la différence de potentiel : l'enroulement témoin de B accusera une différence de potentiel beaucoup plus grande que celle trouvée sur l'enroulement témoin de A; le rapport des deux valeurs donne la surtension due à la résonance. Dans nos transformateurs, ce rapport est supérieur à 4. Il en résulte même que la branche A sur laquelle est roulé le primaire, pourrait rationnellement n'avoir comme section que le quart de la section de la branche B. En résumé, on peut dire que *le flux primaire est appelé par le circuit secondaire*, tandis que *le flux secondaire est repoussé par le circuit primaire*.

» Ceci est gros de conséquences. En effet, de cette façon, quel que soit le régime du secondaire, le primaire travaille toujours de la même manière, ce qui est facilement vérifiable à l'oscillographe. Il apporte à chaque période, sous forme de flux, la même quantité d'énergie et cette énergie se trouve totalisée au secondaire en un nombre de périodes variable suivant l'écartement de l'éclateur.

» Grâce à cet accouplement lâche entre le primaire et le secondaire, les appareils générateurs d'énergie (groupe) n'ont, en aucune façon, à souffrir des à-coups forcés du secondaire.

» Le réglage de la puissance pourra d'ailleurs se faire d'une façon très simple, en modifiant l'apport périodique d'énergie du circuit primaire au moyen, par exemple, de prises variables sur ce dernier, ce qui supprime d'une façon complète l'emploi de la self-induction, tandis que son usage est obligatoire avec les transformateurs ordinaires sans fuites magnétiques. C'est là *une simplification notable dans l'appareillage*, une économie réelle et la source certaine d'une augmentation de rendement.

» En effet, d'une part, il est bien évident que les fuites magnétiques ne sont pas une cause de perte d'énergie, puisque le flux ne coûte rien à produire.

» D'autre part :

» 1° Le circuit secondaire d'un tel transformateur, isolé pour la même tension que le secondaire d'un transformateur ordinaire, présente 4 fois (par exemple) moins de tours que ce dernier, donc moins de pertes par effet Joule.

» 2° Comme, dans le transformateur ordinaire, le circuit primaire ne peut pas, par construction, faire écran magnétique pour le flux secondaire, tout le circuit magnétique travaille à grosse saturation, au lieu d'une seule branche comme dans le nôtre : résultat, plus de pertes par hystérésis et courants de Foucault.

» 3° L'emploi du transformateur ordinaire directement sur la source est impossible; il faut se servir d'une self-induction. La résonance s'établit alors sur le primaire; elle fait apparaître, dans cet enroulement ainsi que dans la self-induction, des surtensions qui nécessitent un isolement considérable.

» 4° Cette self-induction apporte avec elle un supplément de pertes par hystérésis, courants de Foucault et effet Joule;

» 5° Les surtensions primaires nécessitent non seulement un isolement exagéré du transformateur et de la self, mais aussi du groupe générateur, puisqu'à tout moment on peut craindre qu'un point du circuit soit à la terre, ce qui établirait dans notre exemple, entre l'enroulement et le bâti, 4 à 5 fois la tension maximum du générateur.

» Tout cela est supprimé dans le cas du transformateur à fuites et à résonance secondaire.

» Il pourrait être objecté que ce dernier doit être construit spécialement pour la capacité sur laquelle il doit fonctionner (ceci ne semble pas un inconvénient, d'autant plus que la résonance n'a pas besoin d'être absolument parfaite), ce que M. Blondel signalait dans les transformateurs ordinaires : la possibilité d'obtenir des battements existe également pour nos transformateurs. Même avec des capacités variant de 1 à $\frac{1}{2}$, le régime est encore bon, le secondaire *appelle* le flux primaire d'une façon moins parfaite, mais le primaire

continue à faire un écran magnétique parfait. *Il serait d'ailleurs très facile et très intéressant d'arriver exactement au point de résonance toutes les fois où la source est un groupe moteur dynamo par la simple variation de la fréquence de l'alternateur.*

» L'installation complète ne comprendrait alors qu'un moteur avec rhéostat de champ pour régler la résonance, le transformateur serait branché directement sur la dynamo alternative et l'on varierait l'énergie :

» 1° Par le rapport de transformation du transformateur;

» 2° Pour parfaire ce réglage, par le rhéostat d'excitation de la dynamo.

» On pourrait dire aussi que la capacité pour laquelle la résonance secondaire s'établit, varie également avec la puissance absorbée par le transformateur, mais cette variation est bien faible; on fonctionne à une induction du fer d'une valeur moyenne, comme c'est le cas dans l'exemple choisi; elle pourrait se corriger, d'ailleurs, par le même moyen que précédemment.

» M. Gunther, conformément à ces considérations, a réalisé la résonance en faisant varier la fréquence du courant primaire *continu* soit au moyen de l'interrupteur Gaiffe à turbine, soit en lançant ce courant continu dans une transformatrice dont on fait varier la vitesse par un rhéostat de champ.

(Des expériences sur ces différents procédés de résonance sont faites successivement devant la Société.)

» Mes condensateurs plans noyés dans le pétrole, tels que je les avais indiqués dans mes Notes à l'Académie des Sciences du 6 juillet 1896 (*fig. 21*), du 17 avril 1900, et dans un brevet du 6 décembre 1900, ont reçu récemment (brevet Gaiffe du 8 février 1908) un perfectionnement important.

» Une usure progressive du verre se produisait sur les bords des armatures métalliques où la pression électrostatique est à son maximum.

» Il a suffi, pour les éviter, d'interposer entre le verre et l'armature métallique une mince épaisseur de pétrole par un dispositif simple.

» La pression électrique qui apparaît à la tranche de l'armature

provoque, dès qu'elle devient dangereuse, un mouvement de circulation du pétrole qui refroidit le verre et amortit en même temps les chocs produits par cette pression. Toute usure du

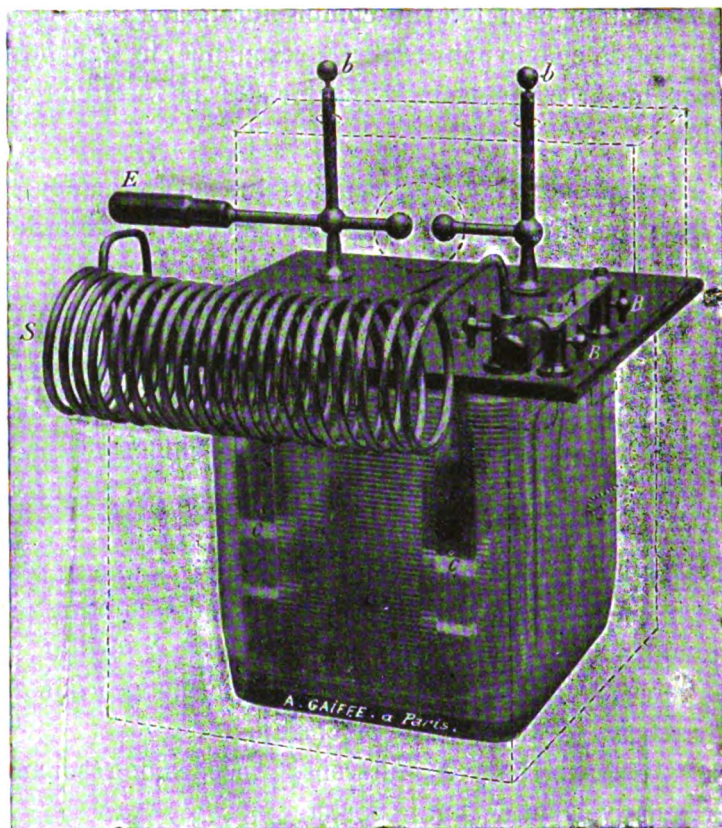


Fig. 21. — Condensateur à pétrole et solénoïde de haute fréquence du Dr d'Arsonval (avec son éclateur).

verre est ainsi rendue impossible et le condensateur fonctionne sans échauffement dangereux et sans altération du diélectrique solide.

» J'ai indiqué encore un dispositif électrique permettant de souffler l'arc en haute fréquence qu'on trouvera décrit dans une Note parue aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* du 8 février 1904.

» Le schéma en est représenté dans la figure ci-contre (*fig. 22*).

» Il consiste à souffler l'arc par un système de condensateurs

C, D, indépendant des condensateurs d'utilisation E, F. Ils n'ont qu'un circuit commun : celui de l'éclateur AB.

» Je m'arrête pour ne pas étendre outre mesure cette Note. Il résultera, j'espère, de sa lecture l'impression que j'étais dans le

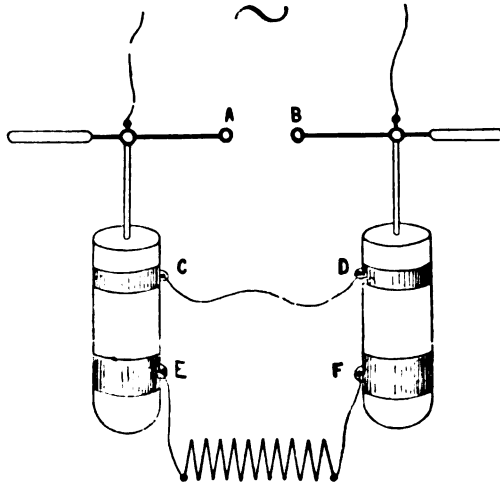


Fig. 22.

vrai en affirmant au début que la haute fréquence médicale n'a rien emprunté à la Télégraphie sans fil. »

A l'occasion de la belle expérience par laquelle M. le Dr d'Arsonval a montré l'innocuité des courants à haute fréquence, M. BOCHER cite une autre expérience involontaire à laquelle il a assisté lors de la préparation de la Communication faite en 1892 par M. Tesla, devant la Société.

Ayant vérifié le bon fonctionnement de ses appareils avant la séance, M. Tesla fit arrêter l'alternateur à 10000 périodes qu'il utilisait et qui était installé dans le sous-sol.

Tandis que la vitesse de cet alternateur diminuait graduellement, M. Tesla eut l'imprudence de toucher un conducteur relié à la machine.

Il reçut alors une violente commotion, malgré la baisse de tension résultant du ralentissement, alors qu'à l'allure normale, le passage du courant à travers le corps n'était nullement incommode.

M. le PRÉSIDENT remercie vivement M. le Dr d'Arsonval de sa très intéressante présentation et le félicite d'avoir imaginé les ingénieux appareils qu'a si bien réalisés M. Gaiffe pour l'usage thérapeutique des propriétés spéciales aux courants de haute fréquence.

LA COMMUTATION.

M. MARIUS LATOUR. — « Messieurs, il a été publié, à ce jour, sur le problème de la commutation, des analyses et des discussions extrêmement nombreuses. Chaque électricien, parmi ceux que la question a pu intéresser, semble avoir dit son mot. Peut-être y a-t-il enfin place pour une exposition détaillée du sujet, qui, tenant compte et bénéficiant de toutes les observations et objections faites, ne soulève plus de contestations. Mon ambition, que vous voudrez bien excuser, serait de vous présenter le travail d'ensemble, jouissant de cet heureux privilège.

» Il doit être, tout d'abord, entendu que le problème de la commutation tel que je me le pose, se rapporte au cas d'une machine dont l'induit, parfaitement bien équilibré, tourne sans vibrations parasites et dont le collecteur, parfaitement bien tourné, s'use de façon uniforme sur le cuivre et sur l'isolant. Les balais captant ou amenant le courant sur le collecteur sont, en outre, supposés assujettis de telle façon qu'il n'y ait pas de vibrations spéciales; la nature mécanique des balais est d'ailleurs supposée compatible avec la vitesse périphérique admise sur le collecteur.

» C'est dire que le côté mécanique du problème, côté extrêmement important d'ailleurs, est supposé avoir reçu une solution parfaite avant que le côté purement électrique soit envisagé.

» Il convient de présenter, en premier lieu, deux observations d'ordre expérimental au sujet de la surface de contact balai-collecteur.

» Considérons une surface de contact entre une bague solide en cuivre (ou plus exactement un collecteur divisé dont les lames sont mises en court-circuit entre elles) et un balai en charbon, le collecteur étant supposé en rotation.

» *Première observation d'ordre général (Arnold).* — *En régime permanent*, la résistance apparente, rapportée à l'unité de surface, ρ de la surface de contact considérée est essentiellement fonction :

» a , de la pression sur le balai et peut-être de la vitesse périphérique admise sur le collecteur (facteurs d'ordre mécanique);

» b , de la température de la surface de contact;

» c , de la densité de courant admise sur la surface de contact et du signe de cette densité, ρ étant différent suivant le sens du courant.

» On remarque, en particulier, que ρ , en régime permanent, diminue considérablement avec la densité.

» *Deuxième observation d'ordre particulier (Arnold).* — *En régime rapidement variable au point de vue de la densité de courant* (obtenu par exemple par le passage, à travers la surface de contact considérée, d'un courant alternatif de périodicité assez grande), ρ ne suit pas fidèlement les fluctuations de la densité. ρ tend, au contraire, à conserver la valeur correspondant à la densité continue de *régime permanent* égale à la densité *efficace* qui règne sur le contact. Toutefois, ρ suit dans une certaine mesure les fluctuations de la densité instantanée et, en toute rigueur, on doit dire que ρ en régime rapidement variable au point de vue de la densité, est à la fois fonction de la densité *efficace* et de la densité *instantanée*.

» Ces observations étant faites, si, dans une machine en fonctionnement, on considère la surface de contact balai-collecteur tout le long de l'arc d'appui ab du balai sur le collecteur, on doit admettre que, dans le cas général, la température, la densité efficace et peut-être la pression varient le long de cet arc ab . La densité efficace, ainsi que nous le verrons plus loin, est, en effet, généralement plus grande dans la région voisine de a que dans la région voisine de b (*fig. 1*). Il en est de même des quantités de chaleur comparativement

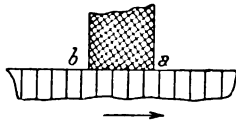


Fig. 1.

dégagées en a et b . C'est pendant leur passage sous le balai que la température des lames s'élève : le contact balai-collecteur est donc à une température plus élevée en a qu'en b . Enfin, même en suppo-

sant les balais parfaitement ajustés sur le collecteur, il se peut que, par suite de la rotation du collecteur, la pression varie d'un bord à l'autre du balai. Quant à la densité instantanée, elle varie dans le cas général en tout point à tout instant. Tous les facteurs qui déterminent la valeur de p (pression, température, densité efficace, densité instantanée) étant différents sur les différents points de la surface, l'hypothèse d'un p uniforme sur toute la surface de contact et constant pendant toute la durée du passage d'une lame sous le balai est donc certainement inexacte. Cependant l'ordre de son inexactitude ne doit pas être celui qu'on pourrait croire. En effet, la conductibilité calorifique du balai tend à assurer une température uniforme à tout le contact et de même qu'il y a tendance manifeste de p à conserver une valeur constante pour des densités rapidement variables, il doit y avoir tendance de p à rester constant sur des régions de contact qui sont toutes très voisines.

» Dans tous les cas p , en un point quelconque, est certainement non seulement fonction de la densité efficace et instantanée en ce point, mais aussi des densités efficaces et instantanées aux points voisins.

» Traiter le problème de la commutation avec une valeur constante de p , correspondant à la densité continue de régime permanent qui donnerait sous le balai l'échauffement constaté, conduira donc à une théorie de grossière approximation qui, quoique très éloignée de la réalité, ne sera pas dépourvue de toute signification ⁽¹⁾.

» En dehors de la résistance du contact balai-collecteur il a été question de la capacité statique du contact ⁽²⁾. Cette capacité pourrait être décelée et mesurée expérimentalement. Il suffirait de faire traverser le contact par un courant alternatif et de se rendre compte du déphasage existant entre la chute de tension dans le contact et le courant qui le traverse. Les fréquences de courants intéressantes à expérimenter seraient de l'ordre de 1000 à 5000 périodes puisque la fréquence de la commutation $\frac{v}{d}$ (v = vitesse périphérique du col-

⁽¹⁾ Voir ma Communication au Journal de Vienne, *Elektrotechnik und Maschinenbau* du 14 octobre 1906.

⁽²⁾ Cette capacité, envisagée par M. Bethenod, a été introduite pour la première fois dans le calcul par M. H. Poincaré (Voir *Lumière électrique* du 6 juin 1908).

lecteur, d = largeur d'une lame du collecteur) est de cet ordre de grandeur.

» En réalité, la capacité du contact est négligeable. Il y a, d'ailleurs, dans une équation rigoureuse du courant de court-circuit, d'autres capacités à considérer. En dehors de la capacité même de la fraction d'enroulement en court-circuit, on pourrait faire entrer en ligne de compte, la capacité entre lames successives du collecteur, et mieux encore la capacité qui peut y être artificiellement ajoutée (Thury).

» Ces remarques préliminaires sur le contact balai-collecteur étant présentées, je diviserai mon étude sur la commutation en deux Parties.

» Dans une première Partie, j'envisagerai le cas où, des balais étant posés sur le collecteur d'un induit en rotation, ce dernier ne débite ni ne reçoit aucun courant extérieur et où cependant, soit par suite d'un calage défectueux des balais, soit par l'action parasite de pôles auxiliaires, soit par la variation du flux principal qui peut être un flux alternatif, il y a certaines f. e. m. induites dans les sections en court-circuit sous les balais.

» Dans une deuxième Partie, j'envisagerai le même induit à collecteur débitant ou recevant un courant extérieur. Ainsi que nous le verrons, l'étude précise et commode de ce fonctionnement normal de l'induit suppose que le fonctionnement singulier envisagé en premier lieu est parfaitement compris.

» Je ne présenterai ce soir que la première partie de mon étude.

» Je supposerai d'abord que les balais posés sur le collecteur ne sont pas connectés entre eux pour supposer ensuite qu'ils sont connectés entre eux par un circuit extérieur. Dans ce dernier cas, le débit propre de l'induit sera toujours évité (par l'opposition d'une f. e. m. extérieure par exemple), pour n'avoir pas à être considéré.

» I. *Les balais sur le collecteur sont non connectés entre eux.* — Considérons d'abord le cas où chaque balai a, au plus, la largeur d'une lame et où le nombre de lames du collecteur est exactement divisible par le nombre de pôles. L'enroulement est du genre tambour. On doit admettre que, pour un calage parfaitement en opposition des balais de polarité opposée, il y a deux sections en court-

circuits situées dans la même région sur la périphérie de l'induit. Soient L le coefficient de self-induction de chacune de ces deux sections, S et S' (*fig. 2*), M leur coefficient d'induction mutuelle. Pour

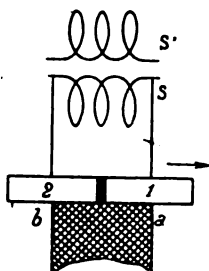


Fig. 2.

qu'il n'y ait pas d'ambiguïté sur la signification de L , je suppose d'abord qu'il n'y a pas de circuits extérieurs sur lesquels les courants de court-circuit des deux sections puissent réagir. (Les circuits d'excitation de l'inducteur sont en série sur un circuit à intensité constante, les inducteurs sont feuilletés.) L est le plein coefficient de self-induction de S . Supposons les courants dans les sections S et S' toujours égaux et, considérant en particulier le court-circuit de la section S , désignons (*voir fig. 2*) par :

e la f. e. m. variable du court-circuit,

r_1 et r_2 les deux résistances variables au contact ⁽¹⁾ entre le balai et les lames 1 et 2,

r la résistance constante du court-circuit.

» L'équation du courant de court-circuit sera

$$(1) \quad e - (L + M) \frac{di}{dt} - i(r + r_1 + r_2) = 0.$$

» Voyons les renseignements qu'on peut tirer du simple examen de cette équation.

» A toute courbe de e (*fig. 3*) correspond une courbe inconnue de i (*fig. 3'*). Ces deux courbes se représentent de l'instant 0 à l'instant T où le court-circuit est rompu.

⁽¹⁾ C'est M. Girault qui a, le premier, fait intervenir la résistance au contact balai-collecteur dans l'équation du courant de court-circuit. (Voir *Bulletin de la Société de mai 1898*.)

» S'il est difficile, impossible même, de déduire la courbe en i de la courbe en e par l'équation (1) remarquons qu'il est plus facile de faire l'opération inverse, à savoir de déduire la courbe en e de la courbe en i . En effet, i et $\frac{di}{dt}$ étant donnés à tout instant, nous connaissons tous les termes de l'équation (1). Les résistances variables

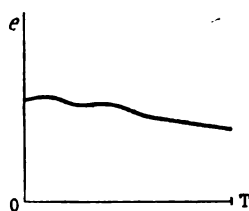


Fig. 3

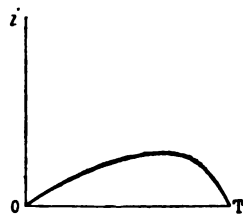


Fig. 3'.

r_1 et r_2 sont déterminées, à tout instant, puisque toutes les densités efficaces et toutes les densités instantanées le long de l'arc d'appui du balai sur le collecteur résultent de la connaissance de i .

» Envisageons seulement des courbes de i telles que pour $t = T$ on ait $i = 0$ et $\frac{di}{dt}$ fini.

» z désignant la largeur d'appui du balai sur le collecteur suivant une génératrice, largeur que, en toute généralité, nous pourrions supposer variable le long de l'arc d'appui du balai sur le collecteur, soit z_a la largeur d'appui du balai suivant l'arête a et soit, en outre, v la vitesse périphérique du collecteur. A l'instant $(T - dt)$ la surface de contact est, entre le balai et la lame 1,

$$z_a v dt;$$

le courant a alors la valeur $o - \frac{di}{dt} dt$.

» La densité de courant à l'arête est, dans ces conditions, à l'instant T ,

$$(2) \quad \partial_{a,T} = - \frac{1}{z_a v} \left(\frac{di}{dt} \right)_{t=T}.$$

» Le courant i lui-même est nul.

» Imaginons que la valeur $\rho_{a,T}$ de ρ à l'arête a à l'instant T puisse avoir une signification précise. L'équation (1) devient alors, la chute

ohmique à l'arête a étant la seule chute ohmique du circuit,

$$(3) \quad e_{t=T} = \left((L + M) - \frac{\rho_{a,T}}{z_a v} \right) \left(\frac{di}{dt} \right)_{t=T}.$$

» De cette égalité nous déduisons immédiatement, pour l'édification de la courbe en e en partant de la courbe en i , que si l'on a $(L + M) > \frac{\rho_{a,T}}{z_a v}$, $e_{t=T}$ a le signe de $\left(\frac{di}{dt} \right)_{t=T}$; que, au contraire, si $(L + M) < \frac{\rho_{a,T}}{z_a v}$, $e_{t=T}$ a le signe opposé à celui de $\left(\frac{di}{dt} \right)_{t=T}$.

» A l'instant 0, il est bien certain d'autre part que $\left(\frac{di}{dt} \right)_{t=0}$ et $e_{t=0}$ ont le même signe. En effet, $\rho_{b,0}$ et z_b désignant respectivement la valeur de ρ à l'arête b à l'instant 0 et z_b la largeur d'appui du balai suivant l'arête b , on établit, par un raisonnement analogue à celui qui nous a donné $e_{t=T}$,

$$e_{t=0} = \left[(L + M) + \frac{\rho_{b,0}}{z_b} \right] \left(\frac{di}{dt} \right)_{t=0}.$$

Soit d'abord

$$(L + M) \geq \frac{\rho_{a,T}}{z_a v}.$$

» THÉORÈME. — Si $(L + M) \geq \frac{\rho_{a,T}}{z_a v}$, toutes les courbes de i re-présentables à l'instant T avec $t = 0$ et $\frac{di}{dt}$ fini donnent lieu à des courbes de e coupant toutes l'axe des temps, et, en particulier, pour $(L + M) = \frac{\rho_{a,T}}{z_a v}$, toutes les courbes en e coupent l'axe des temps à l'instant T .

» On démontre très facilement ce théorème de la façon suivante. Toutes les courbes en i concevables sont soit entièrement au-dessus de l'axe des temps (*fig. 4*), soit entièrement au-dessous (*fig. 5*), soit de part et d'autre (*fig. 6*).

» Pour le cas des figures 4 et 5, on voit immédiatement que $e_{t=0}$ et $e_{t=T}$ ont des signes opposés et les courbes en e sont par conséquent telles que celles représentées par les figures 4' et 5'.

» Pour le cas de la figure 6, il y a un instant entre 0 et T où $i = 0$ avec un $\frac{di}{dt}$ de signe opposé à $\left(\frac{di}{dt} \right)_{t=0}$. Or, à cet instant, on voit que e doit être de signe opposé à $e_{t=0}$ et la courbe de e est telle que celle

représentée dans la figure 6'. Pour $(L + M) = \frac{\rho_{a,T}}{z_a v}$ on voit immédiatement que, d'après l'égalité (3), on a toujours $e_{t=T} = 0$.

» COROLLAIRE. — *Lorsqu'on dispose, avec $L \geq \frac{\rho_{a,T}}{z_a v}$, d'une valeur de e toujours positive ou toujours négative de 0 à T , la densité $\delta_{a,T}$ est certainement infinie.*

» En effet, d'après le théorème précédent, toutes les courbes de e



Fig. 4.

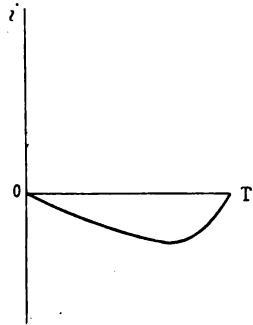


Fig. 5.

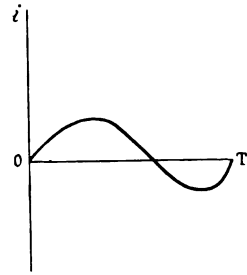


Fig. 6.

susceptibles de donner, à l'instant T , $i = 0$ et $\frac{di}{dt}$ fini admettent pour e des valeurs tantôt positives, tantôt négatives. Une courbe

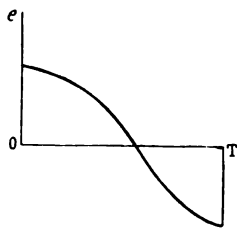


Fig. 4'.

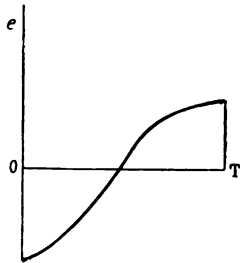


Fig. 5'.

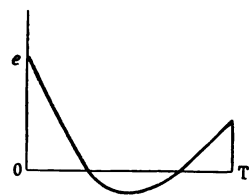


Fig. 6'.

de e ne satisfaisant pas à cette condition donnera donc à l'instant T soit $i \neq 0$, soit $\frac{di}{dt} = \infty$. Or, soit qu'on ait $i \neq 0$ ou $\frac{di}{dt} = \infty$ la densité $\delta_{a,T}$ est infinie.

» Ainsi donc, dans le cas où l'on a

$$(L + M) \geq \frac{\rho_{a,T}}{z_a v},$$

1° toutes les courbes de i sont possibles dès qu'on dispose de courbes e appropriées; cependant :

2° des valeurs de e , toujours positives ou négatives, donnent certainement lieu à un courant de court-circuit qui entraîne à l'instant T une densité à l'arête infinie.

» L'affirmation 1° est contraire à la conclusion mathématique assez souvent admise et établie d'ailleurs dans le cas d'un φ uniforme et constant et d'un z constant (balais rectangulaires). R_1 désignant la résistance totale du balai, on admet que, quoi qu'il en soit de e , quelle que soit la loi suivant laquelle varie e , si

$$(L + M) > R_1 T,$$

$\delta_{a,T}$ est toujours infini.

» Pour montrer l'imperfection de cette manière de voir, considérons l'équation classique du courant de court-circuit établie avec φ et z constant. Elle s'écrit, en posant $\frac{t}{T} = x$,

$$(1') \quad \frac{di}{dx} + \frac{R_1 T}{L + M} \frac{1}{x(1-x)} i = \frac{e T}{L + M} \quad (1').$$

» Choisissons la fonction e de telle façon que nous puissions écrire

$$\frac{e T}{L + M} = f'(x) + \frac{R_1 T}{L + M} \frac{1}{x(1-x)} f(x),$$

$f(x)$ étant une fonction continue qui s'annule pour $x = 0$ et $x = 1$.

(1) Notons que, dans cette équation classique, on peut, avec avantage, mettre en évidence la différence de potentiel v_1 entre le balai et la lame 1.

On ne conserve ainsi dans l'équation que le rapport caractéristique $\frac{R_1 T}{L + M}$.

Je donnerai, pour mémoire, l'intégrale de v_1 avec $\frac{R_1 T}{L + M}$ successivement égal à 0,5, à 1 et à 2 lorsqu'on suppose e constant.

On trouve successivement :

$$v_1 = 0,5 \left(\frac{2\varphi}{\sin 2\varphi} - 1 \right) e \quad (\text{avec } \sin^2 \varphi = x),$$

$$v_1 = - \left[\frac{1}{x} \text{Log}(1-x) + 1 \right] e,$$

$$v_1 = 2 \frac{1-x}{x^2} \left[\frac{1}{1-x} - (1-x) + 2 \text{Log}(1-x) \right] e.$$

» On établit immédiatement que l'intégrale de cette équation est

$$i = f(x) + C \left(\frac{1-x}{x} \right)^{\frac{R, T}{L+M}}.$$

» Mais puisque $f(0) = 0$ la constante doit être nulle pour qu'on ait $i = 0$ à l'instant 0 et l'on a bien finalement $i = f(x)$. L'erreur généralement faite consiste à ne pas envisager le cas où, dans l'intégrale de l'équation (1'), la constante d'intégration est nulle.

» Remarquons cependant qu'il suffira de superposer à $\frac{eT}{L+M}$ ainsi donné un $\frac{eT}{L+M}$ très petit, mais toujours de même signe (voir notre corollaire), pour obtenir $\delta_{a,T} = \infty$.

» Les régimes considérés comme possibles avec $i = 0$ et $\frac{di}{dt}$ fini pour $(L+M) > R, T$ sont donc d'une installation très *précaire* et en ce sens la conclusion mathématique qui a été donnée correspond à un fond réel de vérité (1).

» Soit

$$(L+M) < \frac{\rho_{a,T}}{z_a v}.$$

Dans ce cas, *quoi qu'il en soit de e*, on peut démontrer qu'on a toujours, à l'instant T , $i = 0$ et $\frac{di}{dt}$ fini, et que la densité $\delta_{a,T}$ est donnée, par les égalités (2) et (3) établies plus haut. On le démontre en toute certitude dans le cas de balais rectangulaires et ρ constant. On généralisera immédiatement en supposant que $\rho_{a,T}$ et z_a se rapportent à une région du balai finie (quoique très petite) voisine de l'arête α et à une durée finie (quoique très petite) proche de l'instant T .

» Il convient, au sujet de l'inégalité de $(L+M) > \frac{\rho_{a,T}}{z_a v}$, de faire

(1) L'équation générale d'un circuit fermé sur une résistance variable

$$L \frac{di}{dt} + Ri + E = 0$$

donne lieu à la même remarque.

Si l'on peut écrire $E = L f'(t) + R f(t)$ et si $f(t)$ satisfait à la valeur initiale du courant, on peut être certain que $f(t)$ est l'intégrale de l'équation différentielle considérée et qu'on aura comme densité à la rupture une densité finie proportionnelle à $f'(t)$.

Mais il s'agit toujours de régimes précaires.

quelques observations. Ces observations conservent leur sens même en supposant un contact balai-collecteur inaltérable, indestructible par l'exagération de la densité.

» 1° Au point de vue physique, ainsi que je l'ai déjà signalé (*Lumière électrique*, t. II, 1908, p. 283), on ne peut pas régler les choses de telle façon que le balai quitte la lame 1 sur toute sa largeur en même temps : il la quitte donc obliquement et l'on doit, en réalité, considérer qu'à l'instant T , $z_a = 0$. Par conséquent, en fait, on a toujours

$$(L + M) < \frac{\rho_a T}{z_a v}.$$

» 2° Si négligeable soit-elle, il y a une capacité variable dans le contact. Ainsi que M. Poincaré l'a démontré, cette seule capacité variable, même en envisageant la possibilité géométrique du parallélisme absolu de l'arête a et du bord de la lame 1, exclut l'hypothèse d'un $\delta_{a,r}$ infini.

» 3° Il y a dans le circuit une capacité constante qui s'oppose encore mieux à une densité infinie. (On a d'ailleurs déjà employé des capacités pour éviter les étincelles). Soit C la capacité entre lames. Si nous désignons par q_2 la charge de la capacité, par q_1 la quantité d'électricité qui passe entre le balai et la lame 1, on a les deux équations

$$(L + M) \frac{d^2 q_1}{dt^2} + (L + M) \frac{d^2 q_2}{dt^2} + \frac{dq_1}{dt} (r + r_1 + r_2) = e,$$

$$\frac{dq_1}{dt} (r_1 + r_2) = \frac{q_2}{C}.$$

» $\frac{dq_1}{dt} r_1$ mesure la tension entre le balai et la lame 1. On voit que l'hypothèse d'une densité infinie supposerait q_2 et par conséquent $i = \frac{d(q_1 + q_2)}{dt} = \infty$.

» Nous avons supposé que les sections S et S' mises en court-circuit par des balais de polarité opposée étaient le siège de courants i égaux, mais nous devons imaginer que, dans le cas général, les courts-circuits des deux sections sont établis et rompus à des époques différentes. Plus généralement encore, nous devons imaginer que les balais couvrent plusieurs lames et que, en dehors du court-circuit d'une section S, il y a $(p - 1)$ autres circuits fermés,

pour i_1 , une équation générale de la forme

$$E - \frac{\Delta}{\Delta_1'} \frac{di_1}{dt} - i_1(r + r_1 + r_2) = 0,$$

dans laquelle E est une somme de forces électromotrices et de chutes ohmiques variables, mais toutes finies.

» Nous voyons aussitôt que, au point de vue de la discussion relative à la densité infinie, tout se passe comme si, dans l'équation généralement considérée, au point de vue mathématique, on avait substitué à $(L + M)$ le quotient $\frac{\Delta}{\Delta_1'}$.

» Ainsi que je l'ai démontré il y a quelques années ⁽¹⁾, les déterminants qu'on peut constituer avec les coefficients d'induction d'un nombre quelconque de circuits sont toujours positifs (quelles que soient les conventions de signe) et non nuls. Par conséquent, Δ et Δ_1' sont tous deux positifs et leur quotient aussi. Mais le rapport $\frac{\Delta}{\Delta_1'}$ sera beaucoup plus petit que $(L + M)$. Considérons, par exemple, le cas où la section S' est en court-circuit, tandis que la section S rompt son court-circuit, ce qui correspond au cas simple de deux circuits seulement. Nous devons alors, au lieu de $(L + M)$, considérer le rapport

$$\frac{\Delta}{\Delta_1'} = \frac{\begin{vmatrix} L & M \\ M & L \end{vmatrix}}{L} = \frac{L^2 - M^2}{L}.$$

» Si nous désignons par l le coefficient de self-induction de fuites $(L - M)$ des sections S et S' entre elles, on voit que, tandis que dans l'équation (1) nous avons un coefficient $(L + M)$ sensiblement égal à $2L$, il ne nous restera plus, dans le cas pratique, qu'un coefficient beaucoup plus petit, sensiblement égal à $2l$.

» Si nous avons plus de deux circuits, le rapport $\frac{\Delta}{\Delta_1'}$ serait encore plus petit.

» Dans l'inégalité discutée plus haut, c'est donc, *au plus*, le double du coefficient de fuites entre deux sections successives qui doit, en réalité, intervenir. C'est un terme très petit par rapport

(1) *Sur quelques théorèmes généraux relatifs à l'Électrotechnique (Éclairage électrique, 6 avril 1907).*

à *L*. On considérera le cas où les deux sections successives sont dans des encoches différentes pour obtenir la valeur 2*l* la plus dangereuse.

» Un cas remarquable est celui qui peut se présenter dans les machines à collecteur pour courants alternatifs lorsqu'il y a plus de deux lignes de balais par pôle, soit qu'on emploie, ainsi que je l'ai proposé, la multiplication des phases pour l'alimentation du rotor des machines polyphasées ⁽¹⁾; soit qu'on emploie, ainsi que je l'ai proposé, la multiplicité des courts-circuits dans les machines à courant alternatif simple ⁽²⁾. *Dans ce cas, on peut concevoir que le nombre de balais par pôle soit tel qu'il y ait, à tout instant, dans chaque encoche, au moins une section en court-circuit.* Il ne s'agit plus alors que de fuites entre sections situées dans les mêmes encoches, et le rapport $\frac{\Delta}{\Delta_1}$ devient pratiquement nul ⁽³⁾.

» On peut se poser la question de savoir ce que serait le courant de court-circuit; dans le cas où le balai couvre plus d'une lame, s'il n'y avait pas de fuites entre les sections successives.

» Il est facile de se rendre compte que chaque section *hériterait* en quelque sorte du courant de court-circuit de la section précédente, et que les choses s'arrangeraient de telle façon que la somme des ampères-tours créés par les courants de court-circuit reste constante. Cette somme d'ampères-tours elle-même serait déterminée par la valeur moyenne des *e* et par la résistance moyenne correspondant à toutes les positions possibles d'une lame sous le balai, positions effectivement prises pendant la durée *T*.

» On peut enfin envisager un sectionnement infini correspondant

(1) Brevet allemand n° 145 433 de 1901.

(2) Brevet français n° 329038 de 1903.

(3) Les Ateliers de Jeumont ont, entre autres, construit un moteur triphasé avec une alimentation rotorique à neuf phases satisfaisant à cette condition. Le moteur était de 220 HP; il avait huit pôles et comportait neuf lignes de balais équidistantes, chaque phase étant représentée par une ligne de balais seulement. La commutation était remarquable. •

J'avais signalé la propriété mise en évidence par la construction de ce moteur dès 1903 (voir *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, vol. XXI, 1903, p. 581). M. Perret (Ateliers de Jeumont) a reconnu cette propriété à nouveau indépendamment de moi.

nécessairement à $\frac{\Delta}{\Delta_1}$ nul [puisque $(L + M)$ lui-même devient nul], et voir vers quelle forme tend le courant de court-circuit par section, lorsqu'on admet des fuites entre sections successives.

» On trouve alors que le courant de court-circuit doit satisfaire d'une façon générale à l'équation différentielle

$$Ai + \frac{d^2 i}{dt^2} = B \frac{de}{dt},$$

où A et B sont des coefficients constants.

» Si l'on suppose e constant, il vient par intégration, en posant $\sqrt[3]{A} = a$,

$$i = C\varepsilon^{-at} + C'\varepsilon^{\frac{at}{2}} \sin\left(\frac{a\sqrt{3}}{2}t + C''\right).$$

» Dans cette intégrale, ε désigne la base des logarithmes naturels et C, C', C'' sont des constantes d'intégration.

» Pour le cas où l'on ne supposerait pas de fuites, on aurait A nul et la courbe du courant de court-circuit serait, pour e constant, un arc de parabole.

» II. *Les balais sont connectés entre eux extérieurement.* — Bien que nous ayons considéré jusqu'à présent les balais comme ne recevant ni ne débitant aucun courant, il convient d'observer qu'on se trouve, au point de vue du circuit extérieur, en présence d'une véritable chute ohmique apparente π dans les balais dès qu'il y a courant de court-circuit sous les balais. Cette chute ohmique π peut être positive ou négative (1).

» Je rappellerai la démonstration que j'ai donnée de ce phénomène en supposant ρ uniforme et constant, et en envisageant une force électromotrice e constante dans le court-circuit.

» Considérons la figure 7. Soient p_1 la chute ohmique instantanée sous l'arête avant du balai α ; p_2 la chute ohmique instantanée sous l'arête arrière du balai α . On reconnaît sans difficulté que la valeur instantanée de la chute ohmique sous les balais est $p_1 + p_2$. Mais, par raison de symétrie, dès que le nombre de lames est divisible

(1) Voir mon article sur le sujet publié dans l'*Éclairage électrique* du 23 août 1903.

par le nombre de pôles, la chute ohmique instantanée p_2 sous l'arête arrière du balai β est égale à la chute ohmique instantanée sous l'arête arrière du balai α . Il en résulte que la valeur instantanée de π est égale à la somme algébrique des chutes instantanées sur les

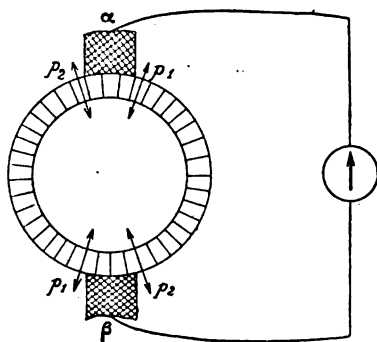


Fig. 7.

bords extrêmes d'un même balai α . Sa valeur moyenne sera évidemment égale à la somme des valeurs moyennes des chutes instantanées p_1 et p_2 .

» Pour obtenir ces valeurs moyennes, il suffit de disposer, ainsi que je l'ai déjà indiqué, un petit balai auxiliaire de largeur très réduite, d'abord sur le prolongement de l'arête avant, puis sur le prolongement de l'arête arrière du balai α , et de mesurer ses écarts de tension successifs par rapport au balai α . La mesure expérimentale de π_{moy} est donc possible.

» Considérons le cas de notre figure 2, où le balai a la largeur d'une lame.

» Les valeurs de p_1 et de p_2 sont, à tout instant,

$$ir_1 \text{ et } -ir_2,$$

de telle sorte que la valeur instantanée de π est

$$i(r_1 - r_2)$$

et sa valeur moyenne

$$\frac{1}{T} \int_0^T i(r_1 - r_2) dt.$$

» Si la section en court-circuit était dépourvue de self-induction, le courant i serait, dès qu'on suppose ρ uniforme et constant, un arc de parabole (courbe I de la figure 8) et le courant i serait

maximum à l'instant $\frac{T}{2}$ où la résistance $(r_1 + r_2)$ passe par son minimum. Mais la section en court-circuit possédant de la self-induction, sans chercher à résoudre l'équation du courant de court-circuit, nous pouvons assurer que le courant i passe par son maxi-

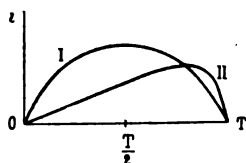


Fig. 8.

mum après l'instant $\frac{T}{2}$ et qu'il peut être représenté par une courbe telle que la courbe II de la figure 8.

» De cette simple remarque il va résulter que l'intégrale

$$\frac{1}{T} \int_0^T i(r_1 - r_2) dt$$

a une certaine valeur différente de zéro.

» En effet, considérons la somme des deux éléments infiniment petits de cette intégrale correspondant aux instant t et $T - t$, t restant plus petit que $\frac{T}{2}$.

» A ces deux instants $(r_1 - r_2)$ a la même valeur absolue et un signe différent. Mais, en se reportant à la courbe de la figure 8, on reconnaît que i a nécessairement une valeur plus grande à l'instant $(T - t)$ qu'à l'instant t .

» Il en résulte que la demi-intégrale

$$\int_{\frac{T}{2}}^T i(r_1 - r_2) dt$$

prévaudra sur la demi-intégrale

$$\int_0^{\frac{T}{2}} i(r_1 - r_2) dt$$

et que l'intégrale totale

$$\pi_{\text{moy.}} = \frac{1}{T} \int_0^T i(r_1 - r_2) dt$$

aura une certaine valeur différente de zéro dont le signe sera déterminé par le sens du courant i , c'est-à-dire par le signe de e . On vérifie alors que π moyen est positif pour un décalage en arrière du mouvement et négatif pour un décalage en avant (1).

» Imaginons que le courant de court-circuit i soit obtenu tout en laissant les balais sur la ligne géométriquement neutre par l'action parasite de pôles auxiliaires. Nous comprendrons aussitôt que, bien que les pôles principaux de la machine ne fussent pas excités, une connexion extérieure reliant les balais α , β serait le siège d'un certain courant. En effet, nous avons entre α et β une certaine différence de potentiel π dont le signe est réglé par le sens de e dans les sections en court-circuit, soit par le sens de l'excitation des pôles auxiliaires.

» De même, les balais étant décalés en arrière ou en avant de la ligne neutre géométrique, nous aurons un courant dans une connexion extérieure reliant $\alpha\beta$, même si la f. e. m. de l'induit est contrebalancée en intercalant sur la connexion reliant $\alpha\beta$ une force contre-électromotrice appropriée.

» Ce débit spécial dans la connexion extérieure $\alpha\beta$ aura une tendance à suivre les fluctuations de la chute ohmique $i(r_1 - r_2)$.

» Dès que la connexion extérieure $\alpha\beta$ existe, nous devons donc considérer, en dehors du courant i dans la section S, un courant extérieur variable j .

» Si l'on désigne par i le courant qui passe dans les contacts r_1 et r_2 , par L_e la self-induction du circuit $\alpha\beta$, comprenant l'induit, par R sa résistance, nous avons l'équation

$$i(r_1 - r_2) = jR - L_e \frac{dj}{dt}.$$

» Le courant qui passe dans la section S devient $i + j$ et l'équation du court-circuit prend alors la forme

$$e - (L + M) \left(\frac{di}{dt} + \frac{dj}{dt} \right) - (i + j)r - i(r_1 + r_2) = 0.$$

» On suppose qu'il n'y a pas d'induction mutuelle entre les sections S et S' et le reste de l'induit.

(1) $\delta_{n,T}$ devient infini, π_{moy} devient également infini.

» Si l'on porte la valeur de $\frac{dj}{dt}$ tirée de la première équation dans la seconde équation, on voit que le coefficient de $\frac{di}{dt}$ dans la seconde équation sera

$$\frac{(L + M) L_c}{(L + M) + L_c} = \frac{L + M}{1 + \frac{(L + M)}{L_c}} \quad (1).$$

» C'est ce terme qui doit intervenir pour savoir si l'on aura une densité $\delta_{a,T}$ infinie. $\delta_{a,T}$ serait infini si

$$\frac{(L + M)}{1 + \frac{(L + M)}{L_c}} > \frac{\rho_{a,T}}{v \varepsilon}.$$

A une densité $\delta_{a,T}$ infinie correspond d'ailleurs une valeur infinie de $\left(\frac{dj}{dt}\right)_{t=T}$.

» En réalité, même dans le cas d'une machine à réaction d'induit compensée et d'une connexion extérieure $\alpha\beta$ ne comprenant pas de self-induction, $\frac{L + M}{L_c}$ est très petit et le fait de tenir compte du circuit extérieur ne change pas, en fait, les conditions de $\delta_{a,T}$ infini. Pratiquement, les sections en court-circuit sous les balais de polarité opposée rompent leur court-circuit à des époques différentes et le balai couvre plus d'une lame. Dans ces conditions, on peut dire que le fait de tenir compte du circuit fermé $\alpha\beta$ en plus des autres circuits ne change pas le rapport $\frac{\Delta}{\Delta_1}$.

» Nous devons simplement nous rappeler qu'il y a un courant j variable dans le circuit $\alpha\beta$ dû à la chute ohmique π sous les balais, chute ohmique qui subsiste d'ailleurs quel que soit le nombre des lames couvertes par le balai.

» J'ai effectué des essais sur la mesure expérimentale de cette chute ohmique avec le dispositif de balai auxiliaire indiqué plus

(1) On reconnaît le cas de deux circuits

$$\frac{\Delta}{\Delta_1} = \frac{\begin{vmatrix} (L + M) & (L + M) \\ (L + M) & (L + M) + L_c \end{vmatrix}}{(L + M) + L_c}.$$

Il est indifférent que ces deux circuits aient des parcours communs.

haut et j'ai bien vérifié qu'elle était positive pour un décalage des balais en arrière et négative pour un décalage des balais en avant, ainsi que la théorie l'indique.

» Dans ma prochaine Communication, avant d'aborder la deuxième Partie de mon étude sur la commutation, je présenterai les conclusions pratiques qui résultent des considérations théoriques que je vous ai présentées ce soir. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. M. Latour des très intéressantes considérations qu'il vient d'exposer.

Le dépouillement du scrutin étant terminé, M. le PRÉSIDENT proclame les résultats suivants du vote pour le renouvellement statutaire du Comité d'administration et de la Commission des comptes :

Suffrages exprimés.....	336
Majorité	169

PRÉSIDENT

Pour l'exercice 1911-1912 :

	Nombre de voix obtenues.
LIPPMANN (G.), Membre de l'Institut.....	335

VICE-PRÉSIDENTS :

BERTHELOT (D.), Professeur à l'Université de Paris.....	331
MAUGAS (G.), Ingénieur en chef de la Marine.....	335

TRÉSORIER :

VIOLET (L.), Ingénieur.....	336
-----------------------------	-----

SECRÉTAIRES :

FRANCE (DE), Ingénieur civil des Mines.....	336
GIRAULT (P.), Ingénieur aux Ateliers Thomson-Houston.....	335

MEMBRES

Pour 3 ans :

ALIAMET (M.), Inspecteur chef du Laboratoire électrotechnique du Chemin de fer du Nord.....	336
--	-----

	Nombre de voix obtenues.
ANDRÉ (H.), Ingénieur en chef à la <i>Société de matériel téléphonique</i> <i>G. Aboilard et C^{ie}</i>	336
ARNOUX (R.), Ingénieur-constructeur.....	336
BOISTEL (E.), Ingénieur-conseil.....	332
BOUTIN (M.), Ingénieur des Arts et Manufactures.....	336
BRACHET (H.), Directeur de la <i>Compagnie d'éclairage électrique</i> <i>du secteur des Champs-Élysées</i>	336
BROCQ, Ingénieur des Arts et Manufactures.....	336
FERRIÉ (G.), Chef de bataillon du Génie.....	336
JAVAUX (E.), Président du Conseil et Administrateur délégué de la <i>Société Gramme</i>	333
LARNAUDE (A.), Ingénieur des Arts et Manufactures.....	336
MEYER-MAY (A.), Directeur des constructions électriques à la <i>Société industrielle des Téléphones</i>	336
MONGIN (E.), Ingénieur.....	334
TOSI (A.), Ingénieur.....	336
TRAZ (J. DE), Secrétaire de la direction de la <i>Compagnie française</i> <i>de métaux</i>	334
TURENNE (PAUL), Ingénieur.....	333
ZETTER (CH.), Directeur de la <i>Compagnie française d'appareillage</i> <i>électrique</i>	334

Pour 1 an :

PARODI (H.), Ingénieur des Services électriques à la <i>Compagnie des</i> <i>chemins de fer d'Orléans</i>	329
MASCART (LÉON), Directeur de la Société des <i>Établissements Henry</i> <i>Lepaute</i>	330

COMMISSION DES COMPTES :

CELLERIER (J.), Directeur du Laboratoire d'essais au <i>Conservatoire</i> <i>national des Arts et Métiers</i>	336
LORIN (CH.), Ingénieur des Arts et Manufactures.....	335
SARTIAUX (E.), Ingénieur, Chef des Services électriques au <i>Che-</i> <i>min de fer du Nord</i>	332

ALLOCUTION DU PRÉSIDENT SORTANT.

« MES CHERS COLLÈGUES,

» Avant de remettre à mon ami M. Bochet les pouvoirs qui m'avaient été provisoirement confiés, j'ai l'agréable mission de

remercier, en votre nom, tous ceux qui ont contribué à la bonne marche de notre Société pendant l'année qui vient de s'écouler.

» Aux sections qui ont préparé les travaux, aux conférenciers qui ont bien voulu développer les Communications que nous avons eu le plaisir d'entendre, nous adressons l'expression de notre vive gratitude.

» C'est au dévouement de tous que nous devons la situation prospère de la Société, du Laboratoire et de l'École. Nous exprimons particulièrement à M. Janet combien nous lui sommes reconnaissants de l'activité qu'il apporte à la direction de nos filiales, et nous le prions d'être notre interprète auprès de tous ses collaborateurs, parmi lesquels vous me permettrez de mentionner spécialement M. Laporte, actuellement en mission en Amérique.

» Je n'ai pas à faire l'éloge de notre Secrétaire général et de notre Trésorier; vous les avez vus à l'œuvre, et je ne puis que redire combien nous apprécions le précieux concours qu'ils nous apportent pour la bonne marche des divers services de notre Société, dont les traditions sont soigneusement conservées, grâce au zèle de notre Secrétaire, M. Sabourain.

» Je termine en adressant nos souhaits de bienvenue aux nouveaux élus, en particulier à notre Président, M. Bochet.

» Les remarquables travaux que M. Bochet a eu à diriger, spécialement dans l'application de l'Électricité à la Marine de Guerre, l'avaient naturellement désigné à vos suffrages. Il est un de ceux qui ont le plus contribué à l'état de prospérité, toujours croissant, de notre Société; et en le priant de prendre place à ce fauteuil, je suis très heureux de lui exprimer les sentiments de vive sympathie que nous avons à son égard. »

M. A. BOCHET, *Président entrant*. — « Mes chers Collègues, je vous suis profondément reconnaissant du grand honneur que vous m'avez fait en me confiant la présidence de notre Société. Soyez assurés du zèle et de l'entier dévouement que j'apporterai à l'accomplissement de ma tâche.

» Je remercie bien cordialement aussi notre très sympathique Vice-Président et mon excellent ami M. Larnau de pour les paroles trop élogieuses que sa bonne amitié lui a inspirées au moment de

me remettre la charge dont il s'est si parfaitement acquitté lui-même.

» Ne voulant pas vous retenir davantage à cette heure, je vous propose de lever la séance si personne ne demande la parole. »

La séance est levée à 11 h 20 m du soir.

CORRESPONDANCE.

M. LIENARD. — « L'intéressante Communication de M. de Baillehache a attiré à nouveau l'attention sur la loi fondamentale de l'induction. L'auteur a rappelé très nettement quelles sont les limites d'application de la règle du flux coupé et expliqué pourquoi on ne devrait jamais parler de déplacement de lignes d'induction, locution vicieuse qui a été l'origine de bien des raisonnements inexacts faits sur les phénomènes d'induction unipolaire.

» M. de Baillehache ne voudrait pas qu'on donne au terme $-\frac{d\Phi}{dt}$ le nom de *f. e. m. d'induction*. Il est vrai que cette f. e. m. d'induction se présente vis-à-vis des f. e. m. d'origine chimique ou thermique avec un caractère spécial, très analogue au caractère des forces d'inertie de la Mécanique. Or, la dénomination de *force d'inertie* donnée au produit changé de signe de la masse par l'accélération rend de grands services en Mécanique. D'après le principe de d'Alembert, on passe des équations de la Statique à celles de la Dynamique par la simple introduction des forces d'inertie; la considération des forces d'inertie est particulièrement commode dans les problèmes de mouvement relatif (force d'inertie d'entraînement et force centrifuge composée). Il me semble que, de même, la dénomination de *f. e. m. d'induction* rend service, car elle indique que la grandeur ainsi désignée s'introduit dans les équations à la même place que les f. e. m. chimiques ou thermiques et que les courants dus aux phénomènes d'induction jouissent des mêmes propriétés que les courants des piles chimiques ou thermiques. D'ailleurs M. de Baillehache accepte parfaitement de conserver en pratique le nom de *f. e. m. induite* et il est inutile d'insister.

» M. de Baillehache déclare en outre qu'on n'a jamais à se demander où la f. e. m. d'induction a son siège. Cela n'est peut-être pas aussi certain qu'il lui paraît et c'est là-dessus que je voudrais insister un peu.

» Il est parfaitement exact qu'aucune expérience faite sur des circuits conducteurs n'a permis de lever l'indétermination de la répartition des f. e. m. induites le long d'un circuit. Il n'en est pas de même des expériences de propagation des ondes électromagnétiques dans l'air ou le long de conducteurs, expériences qui ont confirmé les vues théoriques de Maxwell. On sait du reste que la théorie de Maxwell a été perfectionnée d'abord par Hertz et surtout par Lorentz qui est arrivé à rendre compte de l'entraînement des ondes lumineuses, du phénomène de Zeeman, etc.

» Reprenons rapidement la genèse du système connu des équations du champ électromagnétique. Nous emploierons la notation vectorielle justement recommandée par M. de Baillehache.

» Dans les premiers travaux sur les champs magnétiques créés par des courants, on ne mettait pas en doute l'existence de courants ouverts et l'on cherchait à représenter le champ total d'un courant comme l'intégrale des actions de chaque élément de courant. Les diverses formules déduites des expériences (dont la plus connue est celle de Laplace) étaient, dans le cas de courants fermés, équivalentes entre elles ainsi qu'au système d'équations différentielles

$$(1) \quad \text{divergence } \mathcal{K} = 0.$$

$$(2) \quad \text{rotation } \mathcal{K} = 4\pi i \quad (i = \text{densité de courant}).$$

» Le problème des courants fermés était résolu; celui des courants ouverts ne l'était pas. Les formules intégrales n'étaient plus équivalentes et l'équation (2) était impossible. Plusieurs physiciens avant Maxwell, Helmholtz en particulier, s'occupèrent de la question sans rien obtenir de bien satisfaisant. On fit cependant la remarque importante que des courants ouverts étaient forcément accompagnés de variations dans le champ électrique et la polarisation des diélectriques, d'où la production d'un courant de polarisation d'expression

$$(3) \quad \frac{d}{dt} \frac{(K - K_0) E}{4\pi}.$$

[K = constante diélectrique du milieu, K_0 = constante diélectrique pour le vide = $\frac{1}{(\text{vitesse de la lumière})^2}$; E = force électrique].

» Malheureusement, la considération des courants (3) ne suffisait pas à fermer le courant de conduction et le problème des courants ouverts n'était pas résolu. Enfin, Maxwell eut l'idée hardie mais heureuse de remplacer le courant de polarisation (3) par ce qu'il a appelé le *courant de déplacement* égal à $\frac{\partial}{\partial t} \frac{KE}{4\pi}$. Grâce à cette substitution, les courants sont toujours fermés, même pendant la période variable, et il est possible d'appliquer le système (1), (2).

» Enfin, s'il y a des charges électriques mobiles, il faut aussi en tenir compte dans la détermination du champ magnétique, conformément aux expériences de Rowland. L'introduction du courant de convection s'impose du reste pour former avec les courants de conduction et de déplacement un système de courants fermés.

» Le système (1), (2) devient

$$(1) \quad \text{div. } \mathcal{K} = 0,$$

$$(4) \quad \text{rot. } \mathcal{K} = 4\pi \left(i + \rho v + \frac{\partial}{\partial t} \frac{KE}{4\pi} \right)$$

(ρ = densité électrique d'une charge mobile avec la vitesse v).

» La forme donnée à l'expression du courant de déplacement suppose les diélectriques immobiles.

» Voici pour les équations du champ magnétique.

» D'autre part, les lois de l'Électrostatique ordinaire donnent

$$(5) \quad \text{div. } KE = 4\pi\rho,$$

$$(6) \quad \text{rot. } E = 0.$$

» L'équation (6) exprime que la force électrique admet un potentiel. Cette équation cesse d'être vraie quand il y a un champ magnétique variable et il faut la remplacer par

$$(7) \quad \text{rot. } E = - \frac{\partial \mathfrak{M}}{\partial t}$$

($\mathfrak{M}$ = induction magnétique = $\mathcal{K}$, s'il n'y a ni aimant ni substances magnétiques).

» Quant à l'équation (5) on la garde sans changement, qu'il y ait ou non des phénomènes d'induction (1).

(1) Lorsqu'on suppose le milieu en mouvement, l'équation (7) subsiste sans modifi-

» On oublie trop souvent d'attirer l'attention sur ce maintien pur et simple de l'équation (5) et de le justifier. En réalité, l'équation (5) est imposée par le principe de la conservation de l'électricité. La combinaison de ce principe avec l'équation (4) permet en effet d'établir facilement la relation

$$\text{div. } KE = 4\pi\rho + \text{constante par rapport au temps.}$$

» Pour avoir la valeur de la constante, il suffit de remarquer que dans un champ invariable (cas de l'Électrostatique ordinaire) cette constante est nulle. On vérifie ainsi que les variations du champ magnétique n'ont pas d'influence sur la forme de l'équation (5).

» L'ensemble des équations (5) et (7) suffit à déterminer la force électrique E dont la valeur dépend de celles de ρ ainsi que

cation dans la théorie de Lorentz qui met à part le terme $[v, \mathfrak{H}]$ représentant la force électromotrice d'induction produite par le déplacement. Hertz, au contraire, comprenant cette force dans E écrit

$$(7bis) \quad \text{rot. } E = - \frac{\partial \mathfrak{H}}{\partial t} + \text{rot. } [v, \mathfrak{H}]$$

comme le fait M. de Baillehache.

Quant à l'équation (5), si l'on veut lui donner une force applicable à tous les cas, il faut l'écrire

$$(5bis) \quad \text{div. } (K_0 E + 4\pi M) = 4\pi\rho, \quad 4\pi M = \text{polarisation du diélectrique.}$$

Mais tandis que Hertz, considérant l'éther comme entraîné dans le mouvement de la matière, écrit, pour le mouvement comme pour le repos,

$$4\pi M = (K - K_0) E,$$

ce qui ramène (5 bis) à (5), Lorentz pose au contraire

$$(8) \quad 4\pi M = (K - K_0) E + [v, \mathfrak{H}].$$

Lorentz suppose l'éther absolument immobile. Les forces électromotrices d'induction au même point dans l'éther et la matière diffèrent alors de la quantité $[v, \mathfrak{H}]$. La première étant désignée par E , la seconde sera $E + [v, \mathfrak{H}]$, d'où la formule (8). Le succès de la théorie de Lorentz pour expliquer les expériences de Fresnel sur l'entraînement des ondes lumineuses provient précisément de cette distinction des deux forces électriques au même point.

L'expression du courant de déplacement dans l'équation (4) doit aussi être modifiée quand il y a mouvement ou déformation de la matière. Il nous suffit de savoir qu'on peut toujours déduire (5) ou (5 bis) de l'équation (4) correspondante comme il va être expliqué ci-après pour le cas du repos.

de $\frac{\partial \mathfrak{W}}{\partial t}$ aux différents points de l'espace. Le champ électrique total résultant du champ électrostatique et des forces électromotrices induites est donc déterminé sans ambiguïté (1).

» Le champ total E peut se diviser en trois autres :

» 1° Le champ des charges vraies ρ . Il admet pour potentiel $\int \frac{\rho d\omega}{K_0 r}$ [$d\omega$ = élément de volume];

» 2° Le champ des charges apparentes de polarisation, qui ont pour densité $-\operatorname{div} \frac{(K - K_0)E}{4\pi}$;

» 3° Le champ d'induction E' qui sera donné par le système

$$\operatorname{div}.E' = 0, \quad \operatorname{rot}.E' = -\frac{\partial \mathfrak{W}}{\partial t}.$$

» Il est vrai que, la décomposition du champ total en champ électrostatique et champ électrique induit peut se faire d'une manière différente, et à ce point de vue M. de Baillehache a parfaitement raison; mais je ne suis pas sûr que ce soit cela qu'il ait voulu dire.

» Prenons pour simplifier le cas du vide.

» Alors $K = K_0$ et $i = 0$. Le système d'équations (1), (4), (5) et (7) peut se transformer en introduisant deux nouvelles grandeurs ψ et $\mathfrak{A}$. On obtient ainsi un nouveau système équivalent et qui est

$$(9) \quad E = -\operatorname{grad}.\psi - \frac{\partial \mathfrak{A}}{\partial t} \quad \mathfrak{W} = \operatorname{rot}.\mathfrak{A}$$

avec les conditions

$$(10) \quad K_0 \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} - \Delta \psi = \frac{4\pi\rho}{K_0},$$

$$(11) \quad K_0 \frac{\partial^2 \mathfrak{A}}{\partial t^2} - \Delta \mathfrak{A} = 4\pi\rho v$$

et

$$K_0 \frac{\partial \psi}{\partial t} + \operatorname{div}.\mathfrak{A} = 0.$$

(1) On démontre que (5) et (7) donnent pour E une solution unique par une méthode calquée sur celle qui permet d'établir que l'équation $\Delta F = -4\pi\rho$, admet une solution unique, étant donné que le champ doit être nul à l'infini. Ce résultat subsiste pour les corps en mouvement, car E entre dans les équations (5 bis) ou (7 bis), de la même façon que dans (5) ou (7).

» Le premier terme de l'expression (9) de E représente une action électrostatique dérivant, comme d'ordinaire, d'un potentiel ψ que définit l'équation (10). Mais l'équation (10) définit un potentiel qui ne s'établit pas instantanément et qui, au contraire, *se propage* avec une vitesse $\frac{1}{\sqrt{K_0}}$ égale à celle de la lumière.

» Le deuxième terme de l'expression de E représente ce que l'on peut appeler la *force électromotrice induite*. $\mathcal{E}$ ne serait autre chose que le potentiel vecteur de Maxwell, si l'équation (11) qui le définit ne contenait un terme en $\frac{\partial^2}{\partial t^2}$. Comme pour le potentiel électrostatique l'introduction de ce terme a pour résultat que le potentiel vecteur $\mathcal{E}$ ne s'établit pas instantanément, mais se propage aussi avec la vitesse $\frac{1}{\sqrt{K_0}}$ (1).

» Le nouveau mode de décomposition du champ électrique total en champ électrostatique et champ induit est plus intéressant à envisager que le premier, car il rend compte de la propagation des ondes électromagnétiques que le premier mode de décomposition ne mettait pas du tout en évidence.

» Quoi qu'il en soit de ces décompositions, il est du moins établi que le champ électrique total est parfaitement défini et qu'il n'y a pas indétermination dans la répartition des forces électriques le long d'un circuit soumis à un champ magnétique variable.

» Je n'ai pas eu besoin de la relation entre la densité du courant et les forces électromotrices qui produisent ce courant. Cette relation est

$$ri = \mathcal{E} + E + [v, \mathfrak{M}]$$

[r = résistivité; $\mathcal{E}$ = force électromotrice chimique ou thermique répartie (volts par centimètre), c'est-à-dire que $\mathcal{E} dl$ = force électromotrice (en volts) dans un élément dl du circuit. Le terme $[v, \mathfrak{M}]$ n'existe que dans la théorie de Lorentz et non dans celle de Hertz, qui le suppose compris dans E].

» En l'absence de force électromotrice chimique ou thermique ($\mathcal{E} = 0$) et de champ électrostatique ($\varphi = 0$), cas tout à fait

(1) On peut démontrer, comme il a été indiqué plus haut pour E , que les fonctions ψ et $\mathcal{E}$ définies par (10) et (11) sont uniques.

exceptionnel, même dans les machines dynamos, on aurait simplement

ri = force électromotrice induite.

» Mais en général il serait inexact de prendre ri comme mesure de la force électromotrice d'induction.

» Une dernière remarque : au lieu de considérer le système (1), (4) comme déterminant le champ magnétique produit par des courants, il est plus logique de traiter l'équation (4) comme donnant la valeur de $\frac{\partial KE}{\partial t}$, c'est-à-dire comme définissant l'accroissement que subira dans le temps dt la force électrique E . De même, au lieu de considérer les équations (5) et (7) comme déterminant E , on peut dire que (7) donne $\frac{\partial \mathfrak{M}}{\partial t}$, c'est-à-dire l'accroissement de $\mathfrak{M}$ pendant le temps dt .

» Il n'y a pas, du reste, opposition absolue entre les deux manières de se représenter les phénomènes :

» Les premières modifications de E et $\mathfrak{M}$ réagissent sur celles qui se produiront pendant un nouvel intervalle de temps dt , etc. Il arrivera (si les i et ρ sont constants ou tendent vers des limites fixes) que les modifications successives de E et $\mathfrak{M}$ tendront vers zéro. Les champs électrique et magnétique qui s'établiront finalement satisferont alors aux équations (1), (2), (5) et (6) qu'on est ainsi ramené à considérer comme équations en E et $\mathfrak{M}$, suivant la manière habituelle.

» L'introduction des termes en $\frac{\partial(KE)}{\partial t}$ et en $\frac{\partial \mathfrak{M}}{\partial t}$ dans les équations des champs variables est tout à fait analogue à ce qu'on fait en Mécanique pour passer des équations de la Statique à celle de la Dynamique en ajoutant les forces d'inertie. »

M. DE BAILLEHACHE. — « Je suis très reconnaissant à M. Liénard de ses bienveillantes remarques et je le prie de recevoir tous mes remerciements pour la peine qu'il a prise de discuter ma Communication.

» Ses objections sont de deux sortes : les unes, plus apparentes que réelles, me prouvent que je n'ai pas été suffisamment clair ; les autres résultent de ce que M. Liénard se place à un point de vue différent de celui de M. Emde et du mien.

» Je ne demande pas la suppression du terme *f. e. m. induite* dans le vocabulaire électrotechnique, bien que je le considère comme défectueux; il est certain qu'en pratique on a besoin d'une appellation pour $-\frac{d\Phi}{dt}$, et quand un nom se trouve consacré par un long usage, il serait téméraire de prétendre le changer. Je désire seulement qu'on voie dans l'expression *f. e. m. induite* une grandeur magnétique et non pas, comme on pourrait y être incité *a priori*, une grandeur électrique. Puisque M. Liénard estime que le qualificatif *d'inertie* suffit à mettre en évidence les différences capitales entre la force fictive $-m\frac{dv}{dt}$ et les forces réelles, on admettra, d'une façon analogue, que le mot *induite* suffit à attirer l'attention sur le fait indiscuté que la grandeur $-\frac{d\Phi}{dt}$ présente avec les f. e. m. ordinaires, d'origine chimique ou thermique, des différences physiques essentielles.

» La divergence entre la thèse de M. Liénard et celle que j'ai soutenue provient de ce que j'ai dit (1): « Les modifications magnétiques en un point de l'espace ne précisent pas l'intensité du champ électrique en un point, mais seulement son tourbillon en ce point. » Je n'entends pas par là qu'il soit impossible de préciser la valeur des forces électriques du champ, mais bien que la loi de l'induction seule est insuffisante pour y arriver. M. Liénard est d'ailleurs du même avis puisqu'il fait appel à d'autres considérations; nous sommes d'accord sur le fond.

» Considérons maintenant les décompositions du champ électrique total. Je crois qu'elles démontrent la généralité des systèmes d'équations de la théorie plutôt qu'elles ne s'appliquent à la répartition des forces du champ. Une intensité de champ est en effet une quantité qu'on peut non seulement calculer, mais directement observer et mesurer. Quand on écrit

$$E = E_1 + E_2, \quad E_1 = -\text{grad. } \psi, \quad E_2 = -\frac{\partial A}{\partial t}$$

on peut bien calculer une valeur unique pour E_1 , E_2 et E , mais

(1) Voir *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 2^e série, t. X, n° 92, p. 100.

aucune mesure ne permet de décomposer E en E_1 et E_2 ; autrement dit, *dans aucun essai E , n'agit autrement que E_2 .*

» M. Liénard a donc parfaitement raison au point de vue mathématique, mais je ne pense pas avoir tort au point de vue physique. Nombre de physiciens estiment que Hertz a rendu un grand service en bannissant de la théorie exclusivement physique la distinction entre la *force électrostatique* et la *force électrodynamique* (comme on disait à cette époque), et en la reléguant dans le domaine du calcul (intégration des équations du champ). Si Hertz s'est trompé pour les diélectriques en mouvement (¹), l'erreur qu'il a commise ne peut avoir aucun inconvénient pour les techniciens.

» Les déductions mathématiques de M. Liénard seraient très importantes pour des études d'Électro-optique, mais dans mon exposé il s'agissait simplement de la technique des courants industriels; plus explicitement, on s'efforçait d'y appeler l'attention des Ingénieurs sur les liaisons que Hertz a établies entre des phénomènes physiques et ses équations. M. Liénard m'excusera donc si je ne le suis pas dans la théorie électronique, qui nous écarterait du but que je m'étais proposé et où risqueraient d'intervenir des questions sur lesquelles l'accord n'est pas encore aujourd'hui complet entre les physiciens. Je pense que, pour la compréhension des sujets qu'on aborde dans la technique industrielle, on peut s'en tenir encore actuellement aux idées de Maxwell et de Hertz, et que c'est seulement quand il s'agit de rayons cathodiques, de radioactivité ou d'Électro-optique qu'il est nécessaire de s'adresser aux théories atomistiques de Lorentz, de Larmor ou d'Einstein.

» Un mot encore : dans la théorie hertzienne, le principe de la conservation de l'électricité n'existe pas. Déchargeons un condensateur chargé, au moyen d'un fil de cuivre fermant le circuit : l'élec-

(¹) Lorentz regarde le déplacement électrique D des diélectriques comme résultant du déplacement de l'éther et de la polarisation P due au déplacement des électrons à partir de leur position normale. Dans un diélectrique mobile, c'est seulement le dernier terme qui donne naissance à un courant, de sorte que Lorentz écrit une équation analogue à celle de Hertz, mais dans laquelle le courant de Röntgen figure comme $\text{rot.}[P, \omega]$ au lieu de $\text{rot.}[D, \omega]$. Le courant de Röntgen et le courant de Rowland ($\omega \text{ div. } D = \rho \omega$), ne se compensant pas alors dans un condensateur animé d'une rotation rapide, comme le confirment bien les expériences d'Eichenwald.

tricité disparaît; car, pour Hertz, il n'existe jamais d'électricité dans l'intérieur d'un fil traversé par un courant. C'est une différence capitale entre la théorie de Maxwell et la théorie des électrons.

» Le cas exceptionnel où le produit de la résistivité par la densité de courant égale la f. e. m. induite est celui du court-circuit. Mais on n'a pas alors en général (dans un champ stationnaire) $E = [\nu, B]$, mais seulement $\text{rot. } E = \text{rot.} [\nu, B]$.

» En terminant j'appelle l'attention de nos Collègues sur ce fait que M. Liénard se sert des notations vectorielles. L'autorité scientifique qui s'attache à sa personne permet d'espérer que l'emploi des notations vectorielles si utiles ne tardera pas à se généraliser en France. »



BIBLIOGRAPHIE.

Encyclopédie électrotechnique, par un Comité d'Ingénieurs spécialistes : M. F. Loppé, secrétaire; 5 fascicules. Paris, Librairie des Sciences et de l'Industrie (L. Geisler), 1908-1910.

L'Encyclopédie électrotechnique, par la qualité et l'autorité des auteurs et collaborateurs qui composent son Comité de rédaction, tiendra une place considérable parmi les Ouvrages similaires et formera une bibliothèque complète d'Électrotechnique.

5 fascicules sont parus sur les 54 que comportera l'Ouvrage complet; ils ont pour titres :

1. *Electrostatique*, par M. E. Vigneron;
10. *Wattmètres*, par M. Armagnat;
19. *Emploi des accumulateurs*, par M. Loppé;
43. *Essais des machines électriques; mesures mécaniques*, par M. Loppé;
53. *Précis de législation de l'électricité*, par M. Laboureur.

Agenda Dunod 1910 : Electricité, par M. J.-A. MONTPELLIER; 1 volume 10 × 15, Paris, H. Dunod et Pinat.

Outre les données physiques, géométriques et mécaniques qui constituent la première partie de ce Recueil, l'édition 1910 donne, classée par département, la liste des localités dans lesquelles existe une distribution d'énergie électrique. Cette liste, établie d'après des documents officiels, complète avantageusement l'édition 1909 qui contenait les documents officiels relatifs à ces distributions, le cahier des charges type pour la concession d'une distribution d'énergie et la nomenclature par département des tramways électriques.

Les deux années réunies de cet Agenda permettent aux électriciens d'avoir non seulement l'ensemble des renseignements utiles à leur profession, mais aussi une documentation précise sur tout ce qui a trait aux distributions d'énergie et aux tramways électriques existant en France.

Des Tables et formules usuelles de Mathématiques et de Physique complètent utilement ce livre portatif qui contient en petit texte la matière d'un gros volume.

De Laharpe : Notes et formules de l'Ingénieur et du Constructeur-mécanicien, par un Comité d'Ingénieurs sous la direction de MM. Ch. VIGREUX et Ch. MILANDRE : 1 volume de 2000 pages; Paris, Librairie des Sciences et de l'Industrie (L. Geisler) 16^e édition.

La Librairie des Sciences et de l'Industrie vient de faire paraître la 16^e édition des *Notes et Formules de l'Ingénieur* dont l'élaboration est confiée à une série d'Ingé-

nieurs spécialistes, chacun dans la matière qu'il est chargé de traiter avec toute l'autorité nécessaire.

C'est ce qui explique le succès considérable de cet important Ouvrage dont les quinze éditions précédentes comportent 120000 volumes et dont l'éloge n'est plus à faire.

Sur demande, la Table des matières des *Notes et formules* est envoyée gratuitement aux intéressés.

Soudure autogène des métaux, par S. RAGUO.

L'étude de M. Raguo, inspirée par la pratique et les recherches scientifiques, renseigne sur la valeur des divers systèmes actuellement en usage pour la soudure des métaux : acier, fer, fonte, cuivre, aluminium, bronze, etc.

1° Oscillations de lacet des véhicules de chemins de fer. (Extrait des *Annales des Mines*, 1^{er} semestre 1909.) — **2° Etude complémentaire sur la stabilité du matériel des chemins de fer : Théorie des déraillements. Profil des bandages.** — (Extrait des *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France*, mai 1909) par Georges MARÉ.

Ces deux Volumes complètent la série des travaux de l'auteur, couronnés par l'Académie des Sciences et par la Société des Ingénieurs civils.

L'auteur étudie, dans le premier, les oscillations de lacet dues à la conicité de bandages et diverses autres oscillations de lacet.

Le second traite de l'évaluation de l'oscillation résultante, de la condition du déraillement et de la meilleure forme à donner au bandage et au boudin.

Les Merveilles de la Science, nouvelle édition, revue, corrigée et mise à jour par Max DE NANSOUTY. Tome II : *Électricité*. 1 vol. in-8° col. (30 × 21) de 748 pages, 860 gravures. Boivin et C^{ie}, Paris.

Le *Bulletin* ⁽¹⁾ a déjà fait connaître comment M. Max de Nansouty, continuant et complétant l'œuvre maîtresse de Louis Figuier, avait entrepris la revision, la correction et la mise à jour des *Merveilles de la Science*. Le succès du Tome I : *Chaudières et Machines à vapeur*, ainsi que les appréciations élogieuses de la Presse, ont montré que, si ardue que fût la tâche, l'auteur était à même de l'accomplir, grâce au beau talent d'écrivain qu'il met avec une rare élégance au service de sa compétence technique.

Ces qualités ressortent avec plus d'évidence encore dans le Tome II : *Électricité*, récemment paru, où il expose brièvement et de façon élémentaire comme le voulait sa mission de vulgarisateur, mais avec toute la précision désirable, les questions d'électricité écloses surtout depuis que, il y a un quart de siècle, la publication de Louis Figuier a été interrompue; c'est-à-dire la période durant laquelle, justement, se sont multipliées en un splendide essor les découvertes et les applications électriques.

(1) N° 84, avril 1909.

Aussi, malgré les dimensions du Volume et les nombreuses figures qui facilitent encore l'intelligence du texte, M. de Nansouty a-t-il dû, le plus souvent, se borner à l'énoncé des principes, après un rapide historique des questions, et à décrire les résultats les meilleurs et les plus récents. La matière de cet Ouvrage, qui pourrait s'appeler *Histoire complète de l'Électricité*, est répartie en quinze Chapitres intitulés : Électrostatique; Courant électrique; Piles; Accumulateurs; Magnétisme, Électromagnétisme, Induction; Appareils de mesure; Machines et moteurs électromagnétiques; Transformateurs; Transmission de l'énergie; Éclairage; Traction; Télégraphie; Appareils télégraphiques et téléphoniques; Electrochimie, Électrométallurgie; Chauffage électrique et Applications diverses.

Enfin l'auteur y consacre un Appendice au rôle du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité de la *Société internationale des Électriciens*, qu'il place au premier rang des « rouages scientifiques et techniques qui ont contribué au progrès si rapide et si merveilleux de l'électricité ».

Notions fondamentales sur la télégraphie, par ALBERT TURPAIN; 1 vol. de la *Bibliothèque de l'élève ingénieur*. Grenoble, Jules Rey; Paris, Gauthier-Villars; 1910.

Cet Ouvrage constitue la rédaction de la question telle que M. Turpain l'a professée dans son cours d'Électricité industrielle à l'Université de Poitiers, en envisageant la télégraphie dans son développement, son état actuel et ses derniers progrès.

L'auteur la divise en trois parties : 1° *Télégraphie simple*, où se trouvent les principes du télégraphe électrique, la propagation du courant, le Bréguet, le Morse, etc. — 2° *Télégraphie rapide* : les télégraphes automatiques, imprimeurs et multiples; le Baudot s'y trouve décrit dans tous ses détails. Les multicommutateurs à courants vibrés et à ondes électriques terminent la deuxième Partie. — 3° *L'avenir de la télégraphie*, où sont décrits les télégraphes extra-rapides, les téléphotographes et même l'électrotypographe qui permet la composition télégraphique d'un journal et son impression.

C'est, en somme, un exposé complet et à lecture facile de la télégraphie électrique depuis son origine jusqu'aux derniers dispositifs actuellement en expérimentation dans les administrations.

Téléphonie : Du téléphone Bell aux multiples automatiques, par ALBERT TURPAIN. 1 vol. de la *Bibliothèque de l'élève ingénieur*. Grenoble, J. Rey; Paris, Gauthier-Villars; 1910.

Essai sur les origines et le développement du téléphone, est-il ajouté en sous-titre de ce Livre dans lequel est retracée l'histoire de la naissance et du développement industriel du téléphone avec ses phases diverses.

Laissant un peu de côté la description des trop nombreux appareils aux types variés, l'auteur expose seulement les principes expérimentaux sur lesquels reposent tout transmetteur et tout récepteur, exposé qui sert de transition naturelle entre celui de la Recherche du téléphone et celui de son adaptation aux besoins et aux exigences de la pratique.

La Matière, l'Éther, l'Électricité, par H.-J. PROUMEN. 2 vol.

Paris, H. Desforges; 1909.

Depuis quelques années, la Physique est entrée dans une voie nouvelle jalonnée par la découverte des rayons cathodiques, des rayons X et des phénomènes de la radio-activité, pour ne citer que celles-là; de nombreuses investigations s'en sont suivies qui sont fécondes en déduction d'une importance primordiale au point de vue de la constitution intime de la matière et qui, par exemple, tendent à la destruction irrémédiable du dogme sur l'indivisibilité de l'atome.

Les théories actuelles, simples et séduisantes, sont, il est vrai, suffisantes à expliquer la plupart des phénomènes physiques; mais elles sont destinées à évoluer sous l'influence de nouvelles découvertes et il faut voir dans l'électron plutôt un symbole commode qu'une entité réelle.

Ce sont ces considérations que l'auteur développe dans son Ouvrage en tête duquel il a du reste écrit : *Coup d'œil d'ensemble sur la Physique moderne*; il y relate la plupart des expériences qui, notamment, ont conduit à la découverte de la dissociation universelle de la matière et s'y attache à bien montrer l'enchaînement des faits, ainsi que l'évolution ou la subversion des théories de la Physique sous l'influence qu'elles ont exercées aux différentes époques.

Le premier Volume s'occupe des sujets suivants : Le Pondérable et l'Impondérable; la Théorie atomique, la Loi de Newton, la Masse; la Chaleur, la Lumière, l'Électricité; les Ondes électromagnétiques, la Télégraphie sans fil; l'Électrolyse, les rayons cathodiques et les rayons X.

Le second Volume comprend : Le Radium et les corps radioactifs; l'Hypothèse des électrons; la Radioactivité provoquée, la Dématérialisation de la matière; la Transmutation des corps simples; Réflexions sur la nature intime de la matière et de l'électricité.

Couplage des dynamos et régulateurs compensés. *Service électrique d'un cuirassé moderne* (1^{re} Partie, 1907; 2^e Partie, 1908), par Félix BAYLE, mécanicien principal de 2^e classe. Librairie militaire R. Chapelot et C^{ie}.

L'auteur examine, dans la première Partie, les conditions de fonctionnement de groupes électrogènes compound en parallèle; il envisage, à cet effet, les installations électriques à bord des navires de guerre.

La seconde Partie passe en revue les principales applications de l'électricité à la commande des engins divers en service sur un cuirassé et la répercussion de leur fonctionnement sur les postes générateurs.

L'électricité de haute tension et de haute fréquence, par H. DE GRAFFIGNY. 1 vol.

Paris, J. Rousset; 1910.

M. de Graffigny vient d'ajouter à son œuvre de propagande scientifique une étude sur les courants intensifs et de haute fréquence que, dès 1892, le D^r d'Arsonval introduisait en thérapeutique.

Une courte Préface de M. J.-L. Breton souligne les avantages et les particularités de cette forme de l'énergie électrique dont les effets physiologiques sont extrêmement remarquables sur l'organisme humain.

Ce travail s'adresse surtout aux médecins et aux personnes peu familiarisées avec les phénomènes électriques; l'auteur y définit, avec sa clarté habituelle, ce qu'on entend par *courants de haute fréquence*, comment on les produit et quel appareillage comporte cette production; il examine, en terminant, la plupart des applications médicales qui en ont été faites jusqu'en ces temps derniers.

Cours municipal d'Électricité industrielle, par L. BARBILLION, professeur à l'Université, directeur de l'Institut électrotechnique de l'Université de Grenoble. Tome II : *Courants alternatifs*. Deuxième édition, revue et augmentée, avec collaboration de P. BERGEAU, sous-directeur de l'Institut. Premier fascicule : *Généralités, alternateurs, moteurs synchrones*. Librairie des Sciences et de l'Industrie, L. Geisler.

Le titre seul indique suffisamment l'objet de cette nouvelle édition de l'Ouvrage de M. Barbillion pour qu'il soit superflu d'en développer le contenu.

On ne saurait trop insister cependant sur la forme particulièrement heureuse de l'enseignement technique adoptée par le directeur de l'Institut électrotechnique de Grenoble; dégagée d'exposés mathématiques trop complexes, l'étude se poursuit en toute clarté au cours des 500 pages de ce Volume vers un but essentiellement pratique et utilitaire.

A citer : l'étude des alternateurs et de leur réaction d'induit, une documentation très riche sur la construction des machines et en particulier des turbo-alternateurs, le fonctionnement des machines synchrones et les essais à faire subir aux alternateurs dans les opérations de recette, ainsi qu'un modèle d'avant-projet pour le calcul d'un générateur.

Installations électriques de force et de lumière. Schémas de connexions, par M. CURCHOD, ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité. Préface de P. JANET, directeur de l'École supérieure d'Électricité. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs.

La collection de schémas que M. Curchod a rassemblés en 39 planches énumérées dans un répertoire suffisamment explicite peut rendre d'utiles services au même titre qu'un formulaire.

On y trouvera les solutions de problèmes concernant les schémas devenus classiques.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

(Suite.)

**La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société, tous les jours,
de 3 heures à 6 heures, excepté les dimanches et jours de fêtes,
12, rue de Staël.**

France.

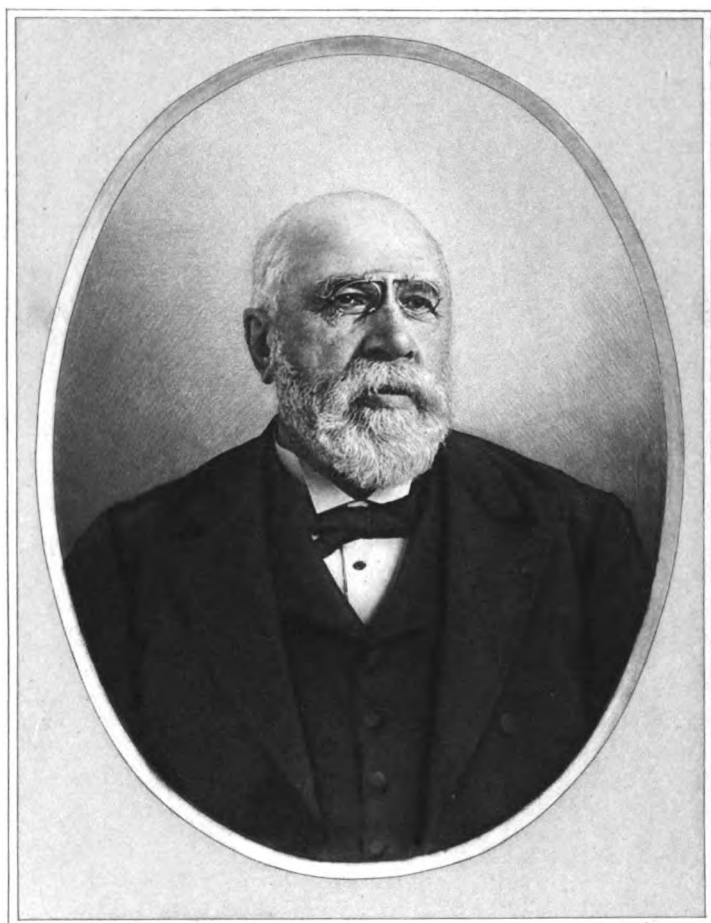
- Compteurs (les) électriques à courants continus et à courants alternatifs.*
Leçons professées à l'Institut électrotechnique de Grenoble, par M. BARBILLION, avec la collaboration de G. FARROUX. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-16, broché. (*Actualités scientifiques*). (*Don de l'éditeur.*)
- Du téléphone Bell aux multiples automatiques. Essai sur les origines et le développement du téléphone,* par Albert TURPAIN. Grenoble, Gratier et Rey. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-8°, broché. (*Bibliothèque de l'élève ingénieur*). (*Don de M. Gauthier-Villars.*)
- Notions fondamentales sur la télégraphie envisagée dans son développement, son état actuel et ses derniers progrès (du Bréguet au Pollak et Virag et aux Téléphotographes),* par Albert TURPAIN. Grenoble, Gratier et Rey. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-8°, broché. (*Bibliothèque de l'élève ingénieur*). (*Don de M. Gauthier-Villars.*)
- Production électrique de l'ozone et applications à l'Industrie, l'Hygiène et la Thérapeutique,* par Étienne DOUZAL. Paris et Liège, Ch. Béranger, 1909; 1 vol. grand in-8°, broché. (*Don de l'éditeur.*)
- Sur la variation de l'inertie de l'électron en fonction de la vitesse dans les rayons cathodiques et sur le principe de relativité.* Note de MM. C.-E. GUYE et S. RATNOVSKY. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 brochure in-4°. (*Don de M. Guye.*)
- Sur le frottement intérieur des solides aux basses températures.* Note de MM. C.-E. GUYE et V. FREDERICKSZ. Paris, Gauthier-Villars, 1909; 1 brochure in-4°. (*Don de M. Guye.*)

Étranger.

*Université de Genève. Laboratoire de Physique. 2^e série, 8^e et 9^e fascicules :
La compressibilité des récipients en verre de quartz et les constantes élas-
tiques du quartz fondu, par A. SCHIDLOF et M^{me} ALFTHAN-KLOTZ.*

*Sur l'orientation magnétique dans une agglomération de petits aimants,
par L. DE LA RIVE et Ch.-Eug. GUYE. Genève, Société générale d'Impri-
merie, 1909; 2 brochures in-8°. (Don de M. C.-E. Guye.)*





Hélog. Dujardin

1834

27 mars

1910

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

NECROLOGIE : J. Joubert (M. L. Poincaré), p. 305.

Admission de membres titulaires, p. 318. — Don à la Société, p. 318. — Allocution de M. A. Bochet. Président entrant, p. 319. — Les projecteurs électriques militaires (M. A. Bochet), p. 323. — Les accidents causés par le courant électrique (M. le Dr A. d'Arsonval), p. 355.

OUVRAGES OFFERTS, p. 365.

NÉCROLOGIE.

« Un nouveau deuil vient de frapper la Société internationale des Électriciens : l'un de ses anciens présidents, M. Joubert, est décédé subitement le 20 mars dernier.

» Ainsi disparaît, peu après les Potier, les Mascart, les Fontaine, l'un des derniers survivants de cette phalange glorieuse de savants et d'industriels qui, il y a une trentaine d'années, unirent leurs efforts pour faire collaborer la théorie et la pratique au progrès de l'Électricité et de ses grandes applications, et qui provoquèrent ainsi un mouvement merveilleux, présentant un caractère peut-être unique dans l'histoire de l'esprit humain.

I.

» Joubert (Jules-François) naquit à Tours le 6 décembre 1838; il fit de brillantes études au Lycée de cette ville d'abord, puis au Lycée Charlemagne à Paris, et quand il songea à entrer dans l'enseigne-

ment, il put un moment hésiter entre la Section des Lettres et la Section des Sciences de l'École Normale supérieure. Jusque dans la vieillesse, il conserva un goût très vif pour les œuvres de la littérature classique et volontiers il relisait dans le texte ses auteurs latins et grecs favoris ; là, comme en matière scientifique ou en art, il prisait surtout les œuvres où se rencontrent la mesure et la simplicité et où l'on peut admirer une tranquille beauté.

» Entré en 1857, le premier de sa promotion, à l'École Normale, il y reçut, grâce à des Maîtres comme Briot, Verdet, Sainte-Claire Deville, une culture scientifique large et profonde ; il souffrit cependant quelque peu du régime, assez sévère à cette époque, de l'internat et sa santé ébranlée l'empêcha de donner alors toute sa mesure.

» C'est là qu'il se lia d'une manière particulière avec un de ses « conscrits » à l'intelligence remarquablement vive, à la volonté déjà tenace ; les jeunes gens, tous deux laborieux, tous deux entraînés par une forte vocation vers les sciences expérimentales, commencèrent ainsi, en préparant ensemble leurs examens, une collaboration qui, reprise dans leur âge mûr, devait être si profitable à la Science électrique : l'un des derniers chagrins de Joubert fut de survivre à son ami Mascart auquel il consacrait — et ce fut, je crois, l'une des dernières pages qu'il ait écrites — dans le *Bulletin de l'Association des anciens Élèves de l'École Normale* une Notice émue et mélancolique.

» A sa sortie de l'École, Joubert eut la satisfaction d'être envoyé comme professeur dans ce Lycée de Tours où il avait laissé d'excellents souvenirs et où il allait avoir pour collègue, dans une classe de lettres, un maître extrêmement estimé, M. Guillemot, dont il devait, peu après, épouser la charmante fille.

» Ainsi commençait sous d'heureux auspices une brillante carrière de professeur, tout entière parcourue dans l'enseignement secondaire : à Tours jusqu'en 1863, puis, après un court passage à Niort, 4 ans à Poitiers, 6 ans à Montpellier, et enfin au Collège Rollin à Paris de 1874 à 1888.

» Durant ces vingt-huit années il n'interrompt ses services universitaires que pour apporter, en 1870, à la défense nationale un concours précieux et dévoué. Adjoint à Mascart pour organiser et diriger à Bayonne une importante capsulerie, il fit preuve, dans une

situation si nouvelle pour lui, d'une ingéniosité rare, d'une activité inlassable, et aussi, dans une tragique circonstance, d'un sang-froid intrépide. Il a raconté lui-même dans la biographie de Mascart comment celui-ci avait, risquant sa vie, évité par sa présence d'esprit une catastrophe, dont les conséquences eussent été terribles pour la ville de Bayonne, mais il a oublié d'ajouter que, ce jour-là, il était aux côtés de son ami et qu'il prit une large part à l'acte de courage accompli en commun.

» Certes l'œuvre scientifique de Joubert, qui est de premier ordre, aurait pu le désigner pour un poste éminent dans l'enseignement supérieur, et placé ainsi dans des conditions plus favorables pour le travail personnel et pour la recherche, disposant en propre des ressources matérielles d'un laboratoire bien outillé, il eût, sans doute, enrichi la Science de découvertes encore plus nombreuses que celles qui illustrent son nom, mais, en vérité, l'enseignement secondaire ne lui déplaisait pas, parce qu'il ne saurait déplaire à qui a une réelle vocation pour le professorat.

» Ouvrir à la Science de jeunes intelligences vierges encore, sentir qu'on est en possession d'agir puissamment sur des esprits dociles, mettre au point des questions nouvelles, chercher à les exposer avec méthode et précision, telles sont les joies et les préoccupations du professeur de Lycée, telles sont celles que Joubert a ressenties vivement jusqu'au dernier jour. Aussi bien peut-on dire, sans irrévérence, que ses nombreux élèves du Collège Rollin entendaient, vers 1880, avec intérêt et profit, des leçons d'électricité qui étaient pour le moins aussi élevées et aussi modernes que celles qu'écoutaient distraitemment, à cette époque, en des cours magistraux, les étudiants de la Sorbonne!

» La clarté et la simplicité étaient les qualités maitresses de Joubert; il maniait avec adresse les Mathématiques, mais il cherchait par-dessus tout à conserver à son enseignement un caractère expérimental. Dès l'École Normale, lors de ses examens de licence et d'agrégation, on notait chez lui une grande habileté dans les épreuves pratiques. Plus tard son dossier administratif ne renfermera que les appréciations les plus flatteuses sur son dévouement, son zèle et le soin avec lequel il prépare les expériences qui doivent illustrer ses leçons.

» A Tours, lors de ses débuts, son inspecteur général, l'illustre astronome Faye, loue d'une manière particulière ce jeune professeur « qui, dit-il, par son intelligence, supplée à l'insuffisance des » appareils dont il dispose » ; à Poitiers, un proviseur naïf... ou malicieux fait remarquer dans les Notes élogieuses qu'il rédige sur Joubert que ce maître exécute non seulement de nombreuses expériences dans ses classes, mais encore qu'il les réussit toujours, ce qui, ajoute-t-il, est un phénomène très rare ; à Montpellier, avec son collègue Crova qui fut, lui aussi, un physicien de la bonne école, il imagine de conduire les élèves du Lycée visiter les diverses usines de la région, et l'un de ses chefs, signalant cette heureuse initiative, exprime la crainte qu'elle ne nuise parfois à la régularité des études... ; ceci se passait, il est vrai, avant 1870, et l'on affirme que la mentalité des administrateurs a changé depuis lors ; à Paris enfin, après que le Collège Rollin eut quitté les vieilles constructions de la rue Lhomond pour s'installer dans les bâtiments neufs de l'avenue Trudaine, il mérite de recevoir des félicitations officielles pour l'ingéniosité et l'adresse avec lesquelles il a organisé les services de la Physique et de la Chimie.

» En 1883, Joubert abandonna l'enseignement pour entrer dans l'administration en qualité d'Inspecteur de l'Académie de Paris ; un bon juge, M. le Recteur Gréard, appréciant la manière dont le nouvel inspecteur s'acquitte de son service, vante « son esprit » étendu qui, dit-il, embrasse bien l'ensemble des questions, son » jugement sain, son intelligence rapide et pénétrante, son tact, sa » manière toute personnelle de voir les choses et de juger les » hommes sans banalité et sans paradoxe, son esprit de bienveil- » lance et de mesure avec la pointe de fermeté nécessaire ».

» Désigné par l'opinion unanime, Joubert fut enfin appelé en 1893 à l'Inspection générale ; dans ces hautes fonctions qu'il a occupées pendant plus de 15 ans (il fut admis à la retraite le 1^{er} février 1909) il avait acquis une autorité incontestée parce qu'elle était fondée sur la confiance et le respect. Son action sur le personnel dont il avait la direction a été heureuse et profonde ; c'est surtout grâce à lui que l'enseignement des Sciences physiques s'est avantageusement transformé dans nos lycées et s'est orienté dans un sens expérimental et bien moderne.

» Tous les professeurs savaient qu'ils avaient en M. Joubert un juge d'une haute compétence et d'une parfaite équité ; ayant présidé le jury d'agrégation de Physique durant 25 années, il avait assisté aux débuts de la plupart d'entre eux et il les suivait dans leur carrière, toujours prêt à les conseiller et à les soutenir. Sous des dehors un peu timides, il cachait une bonté agissante et une bienveillance toujours attentive qui lui gagnaient les cœurs ; on admirait d'ailleurs autant sa rare intelligence et sa science étendue et exceptionnellement variée qu'on respectait son caractère droit et loyal.

II.

» L'activité scientifique de Joubert s'est en effet manifestée en des directions très diverses.

» Son premier travail fut fait à Montpellier dans des conditions matérielles bien difficiles, mais sa persévérance et son ardeur lui permirent de le mener à bien et de le présenter en 1874 à la Faculté des Sciences de Paris comme thèse de doctorat.

» Pour ses débuts dans la recherche, il s'attaquait à une question simple en apparence, mais bien complexe dans la réalité et qu'avaient assez vainement cherché à résoudre des expérimentateurs nombreux dont quelques-uns sont illustres. A quoi est due la phosphorescence du phosphore ? Les uns voulaient voir dans le phénomène une propriété particulière à cette substance, propriété qui se manifesterait spontanément ; les autres, au contraire, le considéraient comme corrélatif d'une action chimique. Par des expériences extrêmement soignées, conduites avec cette sûreté qui inspire immédiatement confiance dans les résultats obtenus, Joubert arrive à un résultat précis qu'il résume dans une formule simple et définitive : « Pas d'oxygène, pas de phosphorescence ».

» En vérité, il pensait que la phosphorescence se produit dans l'oxydation du phosphore lui-même ; les découvertes modernes ont remis, pour ainsi dire, à l'ordre du jour ce sujet qu'étudiait, il y a plus de 35 ans, Joubert et les travaux les plus récents, dus à d'éminents physiciens, en particulier à MM. L. et F. Bloch, ont établi que, selon toute apparence, le phénomène lumineux provient non de l'oxydation du phosphore, mais de celle de l'anhydride phos-

phoreux. C'est là, sans doute, une correction à apporter aux conclusions du très beau Mémoire *Sur la phosphorescence du phosphore*, mais le résultat principal demeure et la formule essentielle subsiste.

» Au cours de ses recherches, Joubert avait remarqué un fait curieux qu'il signale très clairement : quand un gaz traverse, dans certaines conditions, de l'eau renfermant des bâtons de phosphore, il se produit des bulles nettement phosphorescentes. Ce phénomène a été, l'an dernier, l'objet d'un très remarquable travail de MM. Bloch qui, sachant mieux que personne l'extrême difficulté des expériences sur ce sujet, se plaisent à reconnaître la rare habileté dont avait fait preuve leur prédécesseur.

» La thèse de Joubert avait été appréciée à sa juste valeur : Pasteur, en particulier, avait admiré ce travail d'une simplicité si élégante dont il a écrit « qu'il resterait dans la Science » ; dès que l'auteur fut appelé à Paris comme professeur au Collège Rollin, il voulut se l'attacher comme collaborateur, et bientôt il le fit nommer directeur adjoint de son laboratoire de Chimie physiologique à l'École pratique des Hautes Études (25 mars 1876).

» On peut dire que c'est là une date historique ; c'est à ce moment, en effet, que Pasteur oriente ses recherches du côté où il allait rencontrer une gloire immortelle et faire ses découvertes les plus bienfaisantes pour l'humanité. Le nom de Joubert est associé à ces premières et mémorables expériences.

» Durant deux années, dans une étroite collaboration, les deux savants publièrent une série de Mémoires retentissants : *Note sur la fermentation ammoniacale de l'urine*, où ils prouvent que l'être organisé, cause première de la fermentation ammoniacale de l'urine, agit sur l'urée par l'intermédiaire d'un ferment soluble et où ils fournissent une première indication de l'acide borique comme agent thérapeutique dans certaines maladies de la vessie ; *Note sur l'altération de l'urine* ; *Note sur les germes de bactéries contenues dans l'atmosphère et dans les eaux*, où ils établissent que les eaux de source prises immédiatement au sortir du sol ne contiennent pas trace de germes de bactéries, tandis qu'on en trouve toujours dans les eaux qui ont circulé au contact de l'air, et où ils décrivent la méthode simple qui permet de recueillir ces germes et de les compter sous le microscope ; et, enfin en avril et juillet 1877 et en avril 1878,

ces Mémoires : *Sur la maladie charbonneuse*; *Sur le charbon et la septicémie*; *Sur la théorie des germes et ses applications à la Médecine et à la Chirurgie*, qui seront admirés avec reconnaissance tant qu'il y aura des hommes.

» On ne relit pas aujourd'hui sans une profonde émotion les pages où, avec modestie, mais avec la fermeté du savant sûr des résultats de ses expériences, Pasteur annonce qu'un monde nouveau se révèle, affirme que Joubert et lui apportent la preuve péremptoire qu'il existe des maladies contagieuses, infectieuses, dont la cause réside essentiellement et uniquement dans la présence d'organismes microscopiques et exprime l'espoir avec, dit-il, la conviction de l'expérimentateur autorisé, que les principes qu'ils viennent d'établir donneront naissance à une médecine et à une chirurgie nouvelles.

» Une divergence de vues sur l'interprétation à donner à certaines expériences vint malheureusement mettre fin à cette union dans le travail qui avait été si glorieuse, mais Pasteur n'oublia jamais tout ce qu'il devait à la sagacité et à l'habileté de son collaborateur; dès 1877 il avait réclamé pour lui avec insistance, comme un acte de justice, la décoration de la Légion d'honneur, et quand Joubert reçut en 1880 cette récompense si méritée, il ne sut peut-être pas qu'il la devait surtout à la persévérance avec laquelle l'illustre savant rappelait au Ministre dans des lettres qu'il m'a été donné de lire que « M. Joubert était un expérimentateur de grand mérite » qui avait publié des travaux remarquables dont quelques-uns » n'étaient pas sans danger parce qu'ils portaient sur deux maladies terribles, le charbon et la septicémie ».

» Quand il eut quitté le laboratoire Pasteur, Joubert consacra son ardeur scientifique à des recherches de Physique pure et tout d'abord à des recherches sur l'Optique. Son esprit lucide, avide de netteté et de précision, trouvait là un terrain d'élection.

» Déjà, étant encore à Montpellier, il avait publié en 1874 un Mémoire fort intéressant *sur les phénomènes de diffraction*. Partant de cette remarque ingénieuse que pour trouver le mouvement vibratoire résultant de la composition de mouvements parallèles, on peut, en appliquant un théorème de Statique dû à Poinsot, substituer à la recherche d'une résultante celle d'un centre de gravité, Joubert

apportait une simplification singulière à l'étude des différents cas de diffraction observés à l'infini.

» En 1879, il fit connaître le résultat de ses recherches *sur le pouvoir rotatoire du quartz et sa variation avec la température*. Il établissait que l'étude de cette variation fournit un moyen très précis de mesurer les températures jusqu'au voisinage de 1000°; par ce moyen, on obtient un thermomètre d'une sensibilité extrême, satisfaisant à la condition essentielle de tout thermomètre, la comparabilité.

» Dans sa pensée, ce travail devait être le premier terme d'une série où il se proposait d'étudier l'influence de la chaleur sur les propriétés optiques des corps transparents; il remarquait qu'à condition d'opérer dans l'air raréfié et à température constante on peut reproduire les phénomènes optiques à toute température aussi facilement qu'à la température ordinaire, et il voulait pousser son étude jusqu'au point où les corps, soumis à l'expérience, changent nécessairement d'état.

III.

» Mais d'autres préoccupations scientifiques vinrent le détourner de son dessein et il pénétra dans ce domaine de l'Électricité qu'il ne devait plus quitter et où il allait servir de guide à tant de chercheurs et de praticiens.

» Pour comprendre l'importance de l'œuvre de Joubert, il faut se rappeler l'état de la science électrique vers 1880. A cette époque le courant continu, fourni déjà par de puissantes machines, commençait à être bien connu et on l'utilisait assez rationnellement, mais le courant alternatif semblait encore mystérieux, on le tenait pour ainsi dire en méfiance, et quand il se présentait tout naturellement, comme dans les machines d'induction, on faisait les plus grands efforts pour le redresser.

» Cependant l'invention sensationnelle de la bougie Jablochkoff avait fait comprendre que, pour certains usages, l'alternatif présenterait des avantages qui ne sauraient se rencontrer dans le continu. C'est à l'étude des alternateurs que s'attaqua Joubert et il exécuta ses belles expériences dans le laboratoire de la Société générale d'Électricité (Jablochkoff).

» Nous sommes habitués aujourd'hui à considérer que, pour trouver les propriétés caractéristiques du courant alternatif, il suffit d'appliquer correctement les lois fondamentales de l'Électricité; la chose nous paraît fort naturelle et le contraire nous étonnerait beaucoup, mais, si l'on relit les travaux publiés avant les recherches classiques de Joubert, on voit combien les idées sur ce sujet étaient vagues, confuses, souvent inexactes; des savants illustres commettaient des erreurs singulières; pour beaucoup, l'augmentation apparente de la résistance était un phénomène réel, la loi d'Ohm devenait fausse, et le rôle de la self-induction était entièrement méconnu.

» Avec la plus grande simplicité, d'une manière toute impersonnelle, Joubert établit, dans deux articles insérés en 1881 et 1883 dans le *Journal de Physique* et dans un Mémoire publié en 1881 par les *Annales de l'École Normale*, la théorie devenue maintenant classique. A ce travail admirable de clarté et de précision, rien, ou presque rien, n'est aujourd'hui à ajouter ou à retrancher; à peine quelques expressions devraient-elles être modifiées, par suite de l'adoption de définitions nouvelles.

» On ne saurait sans doute prétendre que Joubert a édifié à lui seul la théorie des courants alternatifs; d'autres physiciens, en même temps que lui, ont dû apercevoir la vérité, mais personne ne l'a présentée d'une manière aussi claire et aussi persuasive.

» D'ailleurs, il apportait à la théorie la confirmation de l'expérience et, ici, son œuvre est entièrement nouvelle et originale. Dès 1880, il avait fait connaître, dans une Note à l'Académie des Sciences, une méthode extrêmement ingénieuse pour connaître à chaque instant l'intensité d'un courant alternatif et la tension qu'il détermine entre les extrémités du circuit. L'idée essentielle consiste à répéter les effets relatifs à la même phase, de manière à obtenir des indications permanentes. Veut-on étudier la tension fournie par un alternateur, on monte sur l'arbre de la machine un interrupteur à contact momentané, calé de telle manière que le contact avec un électromètre convenable s'établisse à une phase déterminée de la force électromotrice; l'aiguille de l'électromètre prendra alors une déviation permanente qui correspond à la différence de potentiel relative à cette phase. Joubert utilisait l'électromètre à quadrants,

mais il fallait, bien entendu, l'employer dans des conditions telles que le sens de la dérivation fût indépendant du sens de la force électromotrice; on connaît la solution élégante à laquelle l'ingénieux physicien s'était arrêté.

» A l'Exposition internationale de 1881 et au Congrès d'Électricité, Joubert joua un rôle considérable; il fut rapporteur de la classe 9 (transport de la force) et secrétaire du Comité des expériences. Lorsque, dans la séance du 27 septembre, il avait exposé devant les électriciens du monde entier sa méthode de mesure des courants alternatifs, lord Kelvin (alors Sir William Thomson) avait publiquement reconnu que la solution proposée était la seule exacte, et ce fut Joubert qui fut chargé de toutes les mesures électriques relatives aux machines exposées. Il a publié, en collaboration avec Allard, Le Blanc, Potier et Tresca, un Ouvrage qui restera et où sont consignés de nombreux résultats numériques, dignes encore aujourd'hui d'être consultés.

» On lui doit aussi quelques autres travaux dans ce riche domaine de l'Électricité, mais on ne peut que mentionner ici des recherches faites en collaboration avec Mascart sur l'Électricité atmosphérique, des recherches sur la force contre-électromotrice de l'arc, un projet fort intéressant de détermination de l'ohm.

» Il convient toutefois de rappeler d'une manière particulière les *Leçons d'Électricité et de Magnétisme* publiées en commun avec Mascart (*Phénomènes généraux et théorie*, en 1882; *Méthode de mesures et applications*, en 1886) et où presque tous les électriciens d'aujourd'hui ont puisé les connaissances théoriques essentielles. On ne saurait d'ailleurs mieux faire que de transcrire ce que la personnalité la plus compétente en la matière a dit, ici même, de cet Ouvrage. Dans la belle Notice qu'il a consacrée à Mascart, M. P. Janet s'exprime ainsi : « Le nom de Joubert est étroitement » lié à celui de Mascart dans cette œuvre considérable, et la colla- » boration de ces deux hommes d'élite a quelque chose de si intime » qu'il est presque impossible de discerner la part de l'un et de » l'autre.... Ce fut avec passion que les débutants accueillirent » ce Livre, ils y trouvaient une réponse à leur ardent désir de » connaître les théories récentes, et quelques-uns d'entre eux » furent immédiatement séduits par les brillantes échappées

» sur la pratique que ces théoriciens ne craignaient pas de se permettre. »

» Un peu plus tard Joubert a tiré lui-même de ces deux gros Volumes un *Traité élémentaire* qui est un chef-d'œuvre de clarté et qui a rendu dans l'enseignement les plus grands services.

» Il avait fait partie en 1883 du Comité d'initiative qui s'était constitué sous la présidence de Maurice Lœwy en vue de fonder la Société internationale des Électriciens, mais il n'entra à la Société qu'en 1887. Il la présida avec autorité pendant l'année 1891 et il n'a jamais cessé de s'intéresser à ses travaux.

» On n'a pas oublié la séance où il vint exposer les résultats des expériences de Hertz, ni la réunion exceptionnelle, tenue le 11 juillet 1889 dans le vieux laboratoire de la place Saint-Charles, et où, pour la première fois en France, il répéta ces admirables expériences qui apportaient une confirmation éclatante à la théorie de Maxwell sur les relations qui existent entre l'électricité et la lumière, et qui marquent une date destinée à demeurer longtemps célèbre dans l'histoire de la Philosophie naturelle.

» Alors que plusieurs savants, et des plus qualifiés, contestaient l'importance des découvertes de l'illustre physicien allemand, Joubert avait, au contraire, immédiatement compris leur portée et il eut l'habileté de les reproduire en les variant, à un moment où l'on ne possédait encore sur le sujet que des renseignements bien incomplets.

» Nous aurons terminé cette rapide revue de son œuvre si étendue quand nous aurons signalé l'édition qu'il donna, en 1885 et en 1887, des *Mémoires sur l'Électrodynamique* dans la collection des Mémoires relatifs à la Physique, publiés par la Société française de Physique. On trouve, en particulier, dans ces deux beaux Volumes, tout ce qui a été publié sur l'Électrodynamique par Ampère, et même quelques morceaux inédits que Joubert avait retrouvés et qui présentent un grand intérêt historique. Les traductions des Mémoires écrits en langue étrangère y sont faites avec la rigueur et la fidélité qu'on demande aujourd'hui aux traductions des auteurs classiques; des notes lumineuses éclairent, çà et là, les points obscurs.

» C'est Joubert qui, alors qu'il était secrétaire général de la Société de Physique, avait commencé cette magnifique collection,

brillamment continuée depuis. Il avait succédé, en 1880, dans le secrétariat, au fondateur de la Société, le physicien d'Almeida, et il l'occupa durant 10 années ; il prit ensuite la présidence pendant l'année 1894. Dans l'antiquité, on aurait dit qu'il fut le second fondateur de la Société de Physique. Son dévouement infatigable, son zèle désintéressé assurèrent, en les élargissant, le respect des traditions, et quand il s'est effacé pour mieux consolider son œuvre, en la rendant impersonnelle, il a laissé à ses successeurs la tâche plus facile de continuer une entreprise établie désormais sur des bases inébranlables.

IV.

» A partir du jour où il fut nommé Inspecteur général, Joubert, absorbé par les délicates fonctions qu'il remplissait avec une scrupuleuse conscience, dut à regret renoncer à poursuivre ses recherches personnelles, mais il ne cessa pas de contribuer indirectement au progrès de la Science.

» Sa bonne figure qu'éclairait volontiers un large sourire, et où se lisait l'obligeance qui ne se lasse pas, était devenue vraiment populaire chez les jeunes physiciens dont il se plaisait à encourager la vocation naissante et à qui il prodiguait sans compter les conseils de son expérience.

» A un âge déjà avancé, en possession de toute son énergie intellectuelle et de toute sa puissance scientifique, il eut le chagrin de se voir trahi par ses forces physiques, mais le courage tranquille, que Pasteur vantait autrefois chez lui, ne l'abandonna pas et, récemment encore, après son admission à la retraite, il avait entrepris de mettre à profit la grave opération de la cataracte qu'il avait subie pour étudier le spectre ultraviolet, dont les radiations, absorbées par le cristallin, sont invisibles pour les personnes douées d'une vue normale.

» Joubert n'avait jamais recherché les honneurs, mais de très enviabiles lui vinrent naturellement : les Pastoriens, qui n'avaient pas oublié sa glorieuse collaboration avec le Maître, l'appelèrent à siéger dans l'assemblée de l'Institut Pasteur ; les Électriciens, qui se rappelaient qu'il fut un précurseur et l'initiateur de beaucoup d'entre eux, applaudirent unanimement quand la Société des Ingé-

nieurs civils lui décerna, en 1903, le prix Schneider destiné à récompenser l'auteur d'une découverte capitale pour les applications de l'Électricité. Sa place semblait marquée à l'Académie des Sciences, mais redoutant l'obligation des visites d'usage, il déclina les ouvertures flatteuses que des amis dévoués lui avaient faites en plusieurs circonstances.

» Modeste jusqu'à la fin, il a voulu qu'aucune parole d'adieu ne fût prononcé sur sa tombe; mais si la Société internationale des Électriciens n'a pu, le jour de ses obsèques, lui rendre l'hommage auquel il avait tant de droits, elle conservera pieusement le souvenir de sa vie tout entière consacrée, avec une noble simplicité, à la Science et à la pratique du Bien. »

LUCIEN POINCARÉ.



COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 4 mai 1910 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. A. BOCHET.

La séance est ouverte à 8^h40^m du soir.

Le procès-verbal de l'Assemblée générale et de la Réunion mensuelle tenues le 6 avril est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque de la Société, d'un don pour l'École supérieure d'Électricité et de la demande d'admission suivante :

Milon (Eugène), Directeur de l'exploitation de la *Société de la Tour Eiffel*, 24, rue de Montessuy, à Paris. — Présenté par MM. Bochet et Chaumat.

Ce candidat est élu membre titulaire de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de MM. *Bablon, Terrel, Tanner* et *Guyot*, et en exprime les regrets de la Société.

Des remerciements sont adressés à la Maison *Rousselle et Tournaire* pour le don suivant :

1 ampèremètre électromagnétique de 120 ampères.

⁽¹⁾ La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

ALLOCUTION DE M. LE PRÉSIDENT A. BOCHET.

« Mes chers Collègues, je tiens à vous dire quelle agréable surprise j'ai éprouvée lorsque l'un de nos plus éminents et très affectionnés anciens présidents m'a fait connaître la décision prise par certains de nos collègues de vous présenter ma candidature à la présidence.

» Estimant que nombre d'entre vous étaient mieux qualifiés que moi pour remplir cette haute fonction, j'opposai de justes protestations, mais elles ne furent point écoutées et j'eus le grand honneur de réunir vos suffrages.

» Je vous remercie de tout cœur pour ce témoignage de confiance.

» Mes sentiments de gratitude sont attristés par le deuil qui a si durement frappé notre Société. Inspiré par une grande amitié, M. Bouty a rendu le plus juste et le plus complet hommage à notre regretté président M. Pellat ; à cet hommage, je ne puis ajouter que l'expression de la tristesse que j'éprouve en présence du vide causé par la mort inopinée de ce savant éminent, de cet homme de cœur et d'une si charmante affabilité.

» Lorsque ce malheur a privé notre Société de l'activité féconde de son président, la charge de la direction est retombée sur son plus ancien vice-président. Les services rendus par M. Larnaude en ces pénibles circonstances témoignent de ceux que nous pouvons attendre de lui dans l'avenir.

» J'ai pleine confiance dans la persistance des heureux effets de l'impulsion donnée au développement de notre Société par mes prédécesseurs. Ma tâche sera grandement facilitée par le précieux concours de nos anciens présidents si activement dévoués aux intérêts de notre Société, ainsi que par celui des membres du Comité et de tous nos collègues.

» L'activité de notre Société est considérable.

» Les Communications présentées aux séances, les travaux des sections, offrent le plus haut intérêt.

» Ces travaux font ressortir la fécondité de cette collaboration de savants et d'ingénieurs qui est l'une des caractéristiques de notre association.

» Les électriciens doivent l'honneur du concours des hommes de science à la méthode qu'ils ont apportée dès le début dans leur art.

» Je me permettrai de dire que, de leur côté, les savants tirent un utile profit de la collaboration des ingénieurs, car l'application des méthodes industrielles est de nature à leur épargner bien des soucis et des pertes de temps dans la réalisation de leurs conceptions.

» A côté des études qui alimentent si heureusement nos séances et notre bulletin, deux œuvres capitales de la Société, le Laboratoire et l'École, appellent et méritent la plus vive sollicitude.

» Grâce aux lourds sacrifices que s'est imposée la Société et à une excellente direction, ces deux établissements se sont brillamment développés et ont acquis une légitime notoriété.

» Mais leur développement est si rapide qu'il exige, de notre part, les plus sérieux efforts pour mettre les moyens matériels en harmonie avec le labeur qui doit être accompli.

» Les concours qui ont assuré les résultats acquis ne feront certainement pas défaut dans l'avenir.

» De telles initiatives privées, dégagées de toute préoccupation d'intérêt personnel, méritent d'être encouragées. Aussi, avons-nous confiance dans la bienveillance que les pouvoirs publics continueront à nous témoigner, tout particulièrement en nous aidant à soutenir et à développer l'autorité du Laboratoire central d'Électricité par des appuis officiels analogues à ceux qui sont si largement assurés aux établissements similaires des pays étrangers,

» Les succès de l'École supérieure d'Électricité nous font souhaiter l'extension la plus large de son influence bienfaisante sur la formation des jeunes ingénieurs. Les situations occupées par les anciens élèves de l'École sont la meilleure consécration de la valeur de son recrutement et de son enseignement.

» Mais beaucoup d'ingénieurs, très bien formés déjà, recueilleraient un grand profit en complétant, à l'École créée dans ce but par notre Société, leurs connaissances sur les applications de l'élec-

tricité, et cela même dans le cas où ils ne tourneraient pas leurs vues particulièrement vers l'industrie électrique.

» L'étude des meilleures méthodes appliquées dans les industries parvenues au plus haut degré de perfection a, pour la formation de l'ingénieur, une bien autre importance qu'une spécialisation excessive et prématurée.

» A ce point de vue, la connaissance des principes usités en Électrotechnique est de première utilité, car ces principes peuvent être un guide précieux dans un très grand nombre d'applications de l'art de l'ingénieur.

» Il est donc fort à souhaiter que les ingénieurs s'efforcent à se perfectionner ainsi. L'École fera sûrement tout le nécessaire pour faciliter leurs études et les rendre fructueuses.

» Nos devoirs sont donc très étendus ; ils ne sont pas au-dessus de vos forces. Le passé répond sur ce point de l'avenir.

» Avec de tels moyens, il n'est pas téméraire d'escompter le succès auquel nous avons tous la ferme volonté de consacrer nos efforts, pour l'honneur de notre Société, comme pour le bien général. »

L'ordre du jour appelle les communications techniques.

LES PROJECTEURS ÉLECTRIQUES MILITAIRES ⁽¹⁾.

M. A. BOCHET. — « Si nous en croyons la légende, il conviendrait de citer comme première application des projecteurs militaires celle réalisée par Archimède au siège de Syracuse.

» Comme on le sait, la flotte romaine aurait été incendiée par les rayons solaires concentrés sur elle au moyen de miroirs que le savant géomètre était certainement en mesure de déterminer correctement.

» Les projecteurs modernes ont un but plus modeste que leurs ancêtres deux fois millénaires ; leur rôle ne va pas jusqu'à détruire l'ennemi ; il est simplement de l'éclairer efficacement dans la nuit.

» L'arc électrique permet seul de réaliser les appareils puissants nécessaires pour les usages militaires.

» Le premier projecteur électrique est dû à M. Louis Sautter ; il a été construit en 1867 et installé à bord de l'*Héroïne*. Cet appareil comprenait un arc électrique maintenu au foyer d'une lentille à échelons de Fresnel (*fig. 1*).

» Dans les projecteurs modernes, l'arc est placé au foyer d'un miroir aplanétique.

» Pour obtenir la plus grande concentration du flux lumineux émis par la source, l'utilisation d'un miroir parabolique analogue à ceux employés en Astronomie était indiquée.

» Mais la difficulté de construction industrielle de tels miroirs n'a pas permis d'admettre cette solution dès le début.

» Le développement pratique du projecteur électrique a été dû à l'invention en 1877, par le colonel Mangin, d'un système permettant de faire industriellement, avec une très grande précision, des miroirs aplanétiques en verre, en ne recourant qu'à la taille de surfaces sphériques, faciles à réaliser avec une grande rigueur.

» Le miroir du colonel Mangin est limité à la partie antérieure et

(1) Durant cette communication, le fauteuil de la présidence est occupé par M. Devaux-Charbonnel, Vice-Président.

à la partie postérieure par deux surfaces sphériques ayant un même axe, mais deux centres différents.

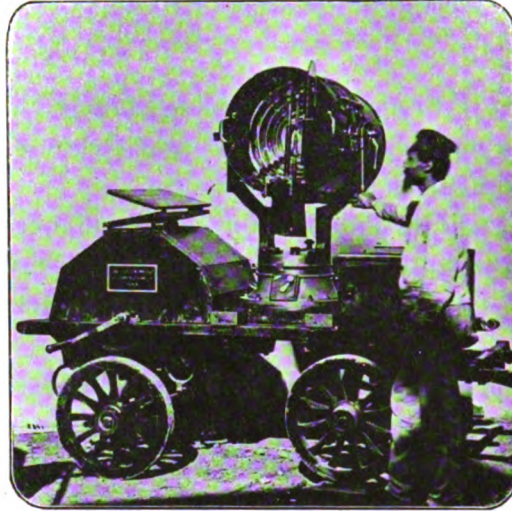


Fig. 1. — Projecteur lenticulaire.

» La partie postérieure du miroir est argentée de telle sorte que la lumière projetée par la source sur le miroir subit à la fois les

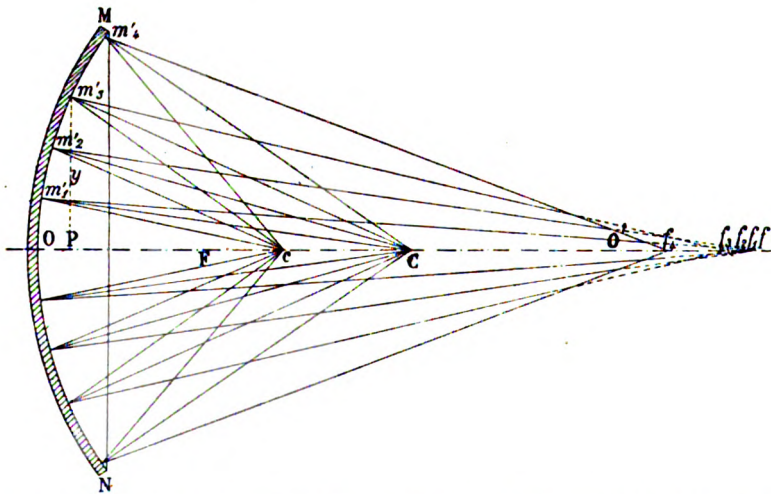


Fig. 2. — Réflexion d'un faisceau issu d'un point c entre le foyer principal F et le centre C d'un miroir sphérique MON . Aux points O , m'_1 , m'_2 , m'_3 , m'_4 , du miroir correspondent respectivement les foyers f , f_1 , f_2 , f_3 , f_4 .

effets de la réflexion et de la réfraction par son passage dans l'épaisseur du verre.

» Le système équivaut à un miroir sphérique devant lequel se trouverait une lentille sphérique divergente.

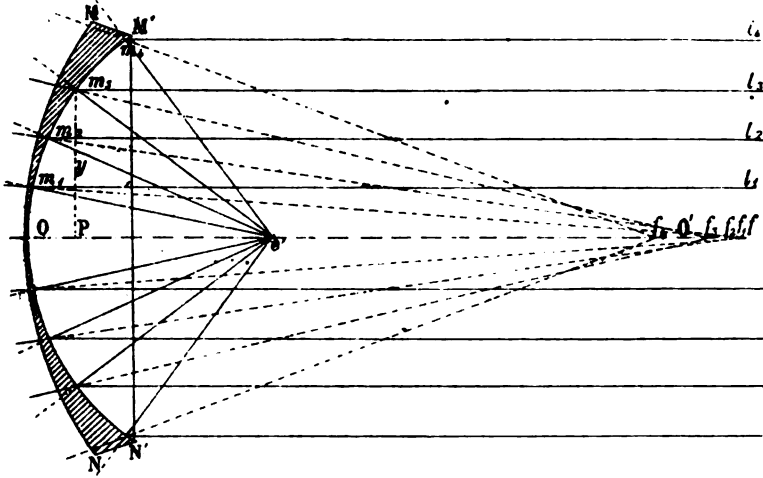


Fig. 3. — Réfraction d'un faisceau lumineux à l'entrée de la face concave M'ON' d'une lentille divergente. Aux points O, m_1 , m_2 , m_3 , m_4 , de la lentille correspondent respectivement les foyers f , f_1 , f_2 , f_3 , f_4 .

» L'aberration de sphéricité par réflexion du miroir concave (fig. 2) peut être corrigée par l'aberration de sphéricité par réfrac-

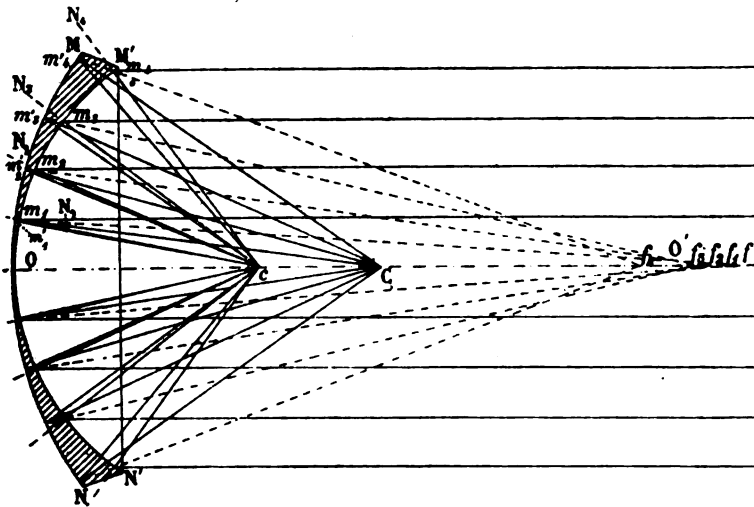


Fig. 4. — Réflecteur aplanétique du colonel Mangin. c, centre de la surface intérieure et source lumineuse; C, centre de la surface extérieure.

tion de la lentille divergente (fig. 3), comme le montre la figure 4 résultant de la superposition des figures 2 et 3.

» Par la suite, les progrès du travail du verre ont permis d'exécuter des miroirs paraboliques en verre dont les faces antérieure et postérieure étaient taillées suivant des surfaces identiques.

» Comme pour le miroir Mangin et pour une glace ordinaire, la surface réfléchissante était formée par le dépôt d'une couche d'argent sur la face postérieure.

» La perfection d'exécution de ces miroirs a donné les résultats les plus satisfaisants.

» Toutefois, la fragilité des miroirs en verre a été justement considérée, dès les débuts, comme un très grave défaut pour leur emploi dans un matériel de guerre. Aussi, des recherches ont été faites, il y a longtemps déjà, pour substituer du métal au verre.

» Je dois citer, entre autres, l'ingénieux système *Cowper-Coles* qui consistait à déposer sur un paraboloïde convexe en verre une couche d'argent formant miroir sur laquelle était fait ensuite un dépôt galvanique de cuivre d'épaisseur suffisante. En immergeant le moule de verre avec ce dépôt métallique dans de l'eau tiède, le miroir de métal se séparait du verre grâce à l'interposition sur le moule d'une matière empêchant l'adhérence de l'argent. Ce procédé donnait de superbes miroirs, d'un poli merveilleux et d'une fabrication aisée.

» Malheureusement, la surface d'argent exposée à l'air et surtout à l'atmosphère corrodante qui se produit autour de l'arc était rapidement altérée et le pouvoir réflecteur s'affaiblissait bientôt.

» C'est pour ce motif que l'usage du miroir métallique argenté n'a pu se développer jusqu'à ce jour.

» Mais l'augmentation graduelle du calibre des projecteurs, qui atteint aujourd'hui jusqu'à 2^m de diamètre, a exagéré les inconvénients de la fragilité des miroirs de verre. Non seulement de tels miroirs sont exposés à une destruction rapide au choc du moindre projectile, mais encore ils se brisent fréquemment par les ébranlements dus au tir des pièces d'artillerie voisines.

» C'est pourquoi la Marine militaire française s'est efforcée, il y a quelques années, de donner une énergique impulsion à l'étude des miroirs métalliques.

» Cette intervention a eu pour effet d'amener la construction de miroirs métalliques argentés beaucoup plus résistants que ceux

antérieurement construits, puis elle a fait apparaître le miroir doré.

» Ce miroir n'est pas un nouveau venu ; il se retrouve parmi les vestiges de la plus haute antiquité égyptienne, et Sénèque nous a appris que les Romains faisaient usage de miroirs en or de telle dimension qu'un homme pouvait s'y voir en entier.

» Apprécient avec clairvoyance l'avantage de l'inaltérabilité de l'or pour les miroirs de projecteurs, la Société Sautter, Harlé et C^{ie} s'est efforcée de réaliser ce progrès, sans s'arrêter à l'objection de l'infériorité du pouvoir réflecteur de l'or par rapport à celui de l'argent. Après avoir vaincu de très grandes difficultés industrielles, cette Société est parvenue à établir d'excellents miroirs paraboliques dorés.

» Le miroir doré donne, en effet, des résultats qui surpassent tout ce qu'il était permis d'espérer. Aussi, son usage s'est-il répandu très rapidement.

» L'infériorité du pouvoir réflecteur de l'or est pratiquement compensée par la suppression des pertes qui se produisaient dans les miroirs de verre par suite du passage de la lumière à travers cette matière.

» La faible proportion des radiations de courte longueur d'onde dans le faisceau réfléchi donne une lumière plus agréable à l'œil et atténue beaucoup la gêne causée par la luminosité du faisceau dû à l'éclairement des particules en suspens dans l'atmosphère.

» Il en résulte que les qualités optiques du miroir doré sont de tous points comparables à celles des meilleurs miroirs de verre argentés et que, pratiquement, la solidité et l'inaltérabilité dues à la structure du miroir doré n'entraînent pas de sacrifice sur ses qualités optiques.

» Il est inutile d'insister sur l'importance de la solidité du miroir pour les projecteurs militaires ; je montrerai simplement à titre d'exemple un miroir métallique doré qui a été soumis à des feux d'infanterie et n'a subi, de ce fait, aucune réduction de sa puissance d'éclairement.

» Il résulte de ce qui précède que nous trouverons aujourd'hui dans tous les projecteurs des miroirs paraboliques.

» Depuis les importants travaux de notre collègue, M. Blondel, nous connaissons bien le fonctionnement de ces miroirs.

» Comme le montre la figure 5, chaque point du miroir reçoit de la source placée à son foyer un petit faisceau élémentaire conique qui se trouve réfléchi suivant un autre faisceau dont la divergence

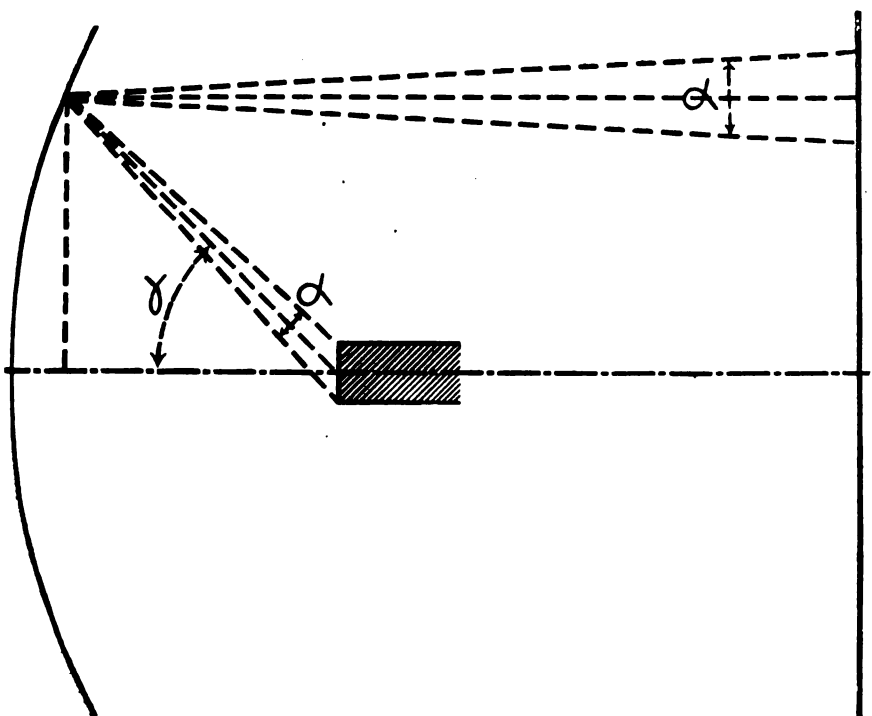


Fig. 5.

dépend de la dimension de la source, de la position du point considéré sur le miroir et de la distance focale.

» Dans un miroir aplanétique, les axes des faisceaux ainsi réfléchis sont parallèles entre eux.

» Le faisceau du projecteur est formé par la superposition de ces faisceaux élémentaires coniques. A partir d'une certaine distance du miroir, tous ces cônes semblent avoir même axe. La divergence du faisceau est égale à celle des cônes élémentaires ayant le plus grand angle au sommet.

» La zone centrale du faisceau, la plus lumineuse, correspond à l'angle des faisceaux élémentaires de moindre divergence, puisque c'est dans cette partie que le plus grand nombre de faisceaux élémentaires se superposent.

» L'expérience montre que l'éclairement produit à grande dis-

tance par un appareil optique varie en raison inverse du carré de la distance, c'est-à-dire qu'un tel appareil se comporte comme un feu nu capable de donner les mêmes éclairagements aux mêmes distances.

» Dans une très remarquable étude publiée en 1894, notre éminent collègue, M. Blondel, a établi analytiquement cette propriété et a démontré qu'à grande distance, tout projecteur se comporte comme un disque circulaire plan ayant pour éclat intrinsèque apparent en chaque point l'éclat intrinsèque de la source i , multiplié par un coefficient de transmission K et un coefficient d'effet optique U .

» L'angle d'incidence étant égal à l'angle de réflexion pour un miroir métallique, l'éclairement qu'il produit à grande distance est

$$E = \frac{1}{r^2} \int k i ds.$$

Pour une source dont l'éclat est bien défini, tel que l'arc à courant continu, l'intensité lumineuse est donc proportionnelle à la surface du miroir projetée sur un plan perpendiculaire à l'axe optique, multipliée par l'éclat intrinsèque moyen de la source.

» La distance focale n'a théoriquement aucune influence sur la puissance lumineuse, cette longueur n'intervient qu'en raison de l'occultation partielle de l'arc par le crayon négatif, comme l'indique la figure 6.

» En conséquence, l'éclairement obtenu à une distance donnée est proportionnel à l'éclat de la source et à la surface du miroir. Il y a donc intérêt à choisir comme source lumineuse celle dont l'éclat est maximum et à employer des miroirs du plus grand diamètre possible.

» L'éclat de l'arc électrique surpasse de beaucoup celui des sources de toute autre nature. Il atteint en effet environ 250 bougies par millimètre carré, alors que l'éclat des autres sources les plus brillantes, telle que la lumière oxhydrique, ne dépasse pas 8 bougies par millimètre carré.

» L'arc électrique convient donc seul pour les applications que nous avons en vue.

» De nombreux et importants travaux, ont été publiés sur l'arc électrique. Ils se rapportent pour la plupart aux arcs de faible puissance.

» Des mesures sur les arcs puissants utilisés dans les projecteurs ont été faites, dès 1878, par notre ancien président, M. Lemonnier, à la mémoire duquel je garde une profonde reconnaissance pour l'accueil qu'il m'a fait dans cette Société et dans l'industrie.

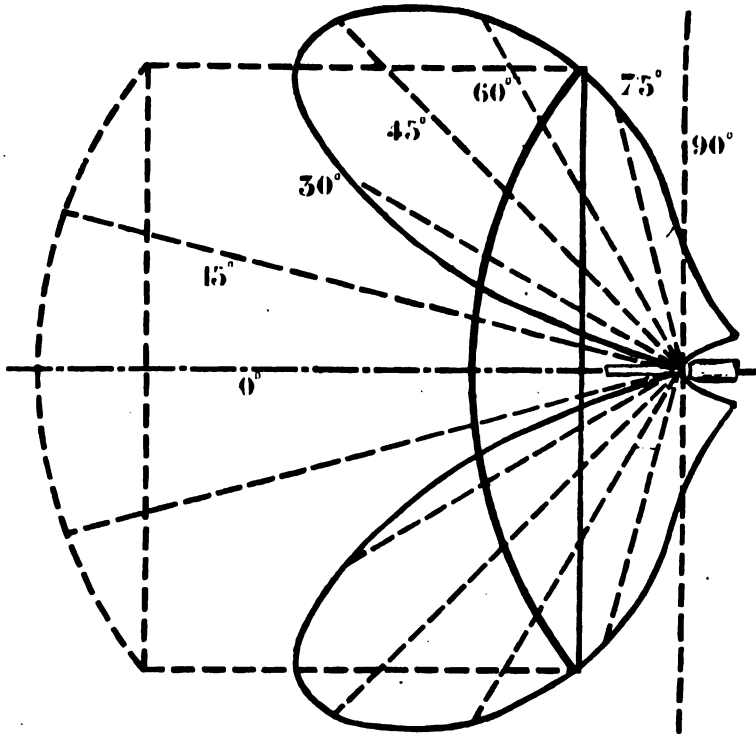


Fig. 6.

» Nos collègues, MM. Blondel et Rey, ont entrepris en 1894 des travaux considérables sur ce même sujet. Ils ont fait l'objet d'une communication de M. Rey en 1902 devant notre Société.

• » De ces derniers travaux il résulte que le cratère du charbon positif est seul à considérer comme donnant la presque totalité de la lumière.

» L'éclat du cratère croît avec l'intensité.

» Cette observation a eu les conséquences les plus importantes, car elle a conduit à la recherche de charbons capables de supporter de très fortes densités de courant, tout en assurant la stabilité de l'arc. Le succès de ces recherches a permis d'accroître très notablement l'éclat des arcs employés dans les projecteurs.

VIENT DE PARAÎTRE

4^{me} Edition

entièrement remaniée, complétée, et mise à jour

NOTIONS GÉNÉRALES

SUR LA

TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

ET LA

TÉLÉPHONIE SANS FIL

PAR

R. de VALBREUZE

Ancien Officier du Génie, Ingénieur Électricien.

Un volume in-8 raisin de 480 pages, avec 315 figures.

Prix, broché. **12** francs.

En vente à LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

142, Rue de Rennes, PARIS (VI)

PRÉFACE

Le succès qu'a remporté notre petit livre, et la rapidité avec laquelle ont été épuisées ses trois premières éditions, nous ont déterminé à le remanier entièrement et à le compléter. Les anciens chapitres ont été considérablement étendus ; plusieurs chapitres supplémentaires leur ont été adjoints ; enfin, une partie nouvelle, consacrée à la Radiotéléphonie, a été ajoutée. Sous sa forme actuelle, le volume a vu presque tripler son nombre de pages, par suite de ces modifications et adjonctions.

Mais si la disposition générale et le nombre des matières traitées ont subi un changement important, l'esprit de l'ouvrage est resté toujours le même. La lecture n'en est pas devenue plus difficile, bien au contraire : elle peut être entreprise avec profit par n'importe qui, car elle n'exige qu'une connaissance tout à fait rudimentaire des principales lois de la Physique.

Le plan de l'ouvrage est le suivant :

Une courte **Introduction**, destinée aux lecteurs qui n'ont aucune connaissance en **Électrotechnique**, leur permet d'acquérir rapidement et sans difficulté des notions nettes sur le *potentiel, les phénomènes de*

dia-
erse

sité

bon
ette
plan
res-

r'en
sus

clat
pas
un
ali-
ons

pas
les
rges
ans

sité
nps
r le
pro-
en-

urs

» Des mesures sur les arcs puissants utilisés dans les projecteurs ont été faites, dès 1878, par notre ancien président, M. Lemonnier, à la mémoire duquel je garde une profonde reconnaissance pour l'accueil qu'il m'a fait dans cette Société et dans l'industrie.

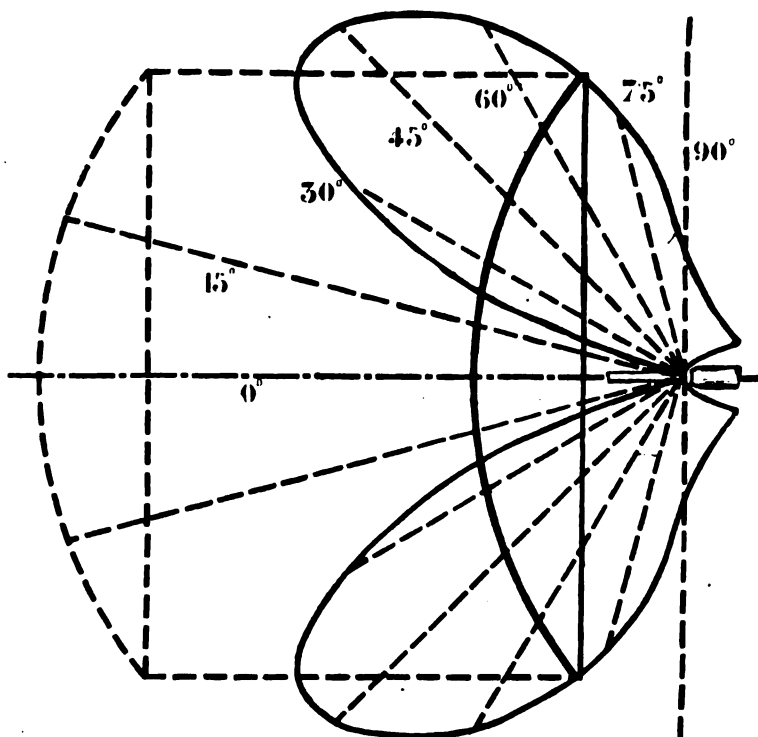


Fig. 6.

» Nos collègues, MM. Blondel et Rey, ont entrepris en 1894 des travaux considérables sur ce même sujet. Ils ont fait l'objet d'une communication de M. Rey en 1902 devant notre Société.

» De ces derniers travaux il résulte que le cratère du charbon positif est seul à considérer comme donnant la presque totalité de la lumière.

» L'éclat du cratère croît avec l'intensité.

» Cette observation a eu les conséquences les plus importantes, car elle a conduit à la recherche de charbons capables de supporter de très fortes densités de courant, tout en assurant la stabilité de l'arc. Le succès de ces recherches a permis d'accroître très notablement l'éclat des arcs employés dans les projecteurs.

» Pour obtenir le même éclat dans des charbons de divers diamètres, il faut faire varier la densité de courant en raison inverse de la racine carrée des diamètres.

» L'aire éclairante en millimètres carrés du cratère positif est

$$S = m I^{\frac{3}{2}};$$

$m = 0,2$, lorsque l'intensité varie de 50 à 300 ampères; I intensité du courant en ampères.

» L'intensité lumineuse d'une surface incandescente de charbon dans une direction donnée est égale à l'éclat intrinsèque i de cette surface, multiplié par la projection de cette surface sur un plan perpendiculaire à la direction considérée, propriété qui est l'expression de la loi de Lambert.

» Il en résulte que le flux total émis par le cratère est

$$\Phi = \pi S i.$$

» Mais le négatif arrête une partie de ce flux, en sorte qu'en pratique il ne reste que 0,84 du flux total calculé comme ci-dessus qui soit utilisable.

» La puissance du projecteur dépend, comme on l'a vu, de l'éclat de la source; cet éclat est lié à la densité du courant, et non pas à l'intensité totale de ce dernier. L'éclairement produit par un projecteur est donc indépendant de l'intensité du courant qui alimente sa lampe, sous réserve d'un choix convenable des dimensions des charbons.

» Toutefois, les conditions de stabilité de l'arc ne permettent pas d'obtenir pratiquement des éclats tout à fait équivalents avec les arcs de faible et de grande intensité. Néanmoins, dans de larges limites, il est possible de faire varier l'intensité du courant sans réduire la puissance du projecteur.

» C'est la surface éclairante du cratère qui varie avec l'intensité et, par conséquent, la divergence du faisceau croît en même temps que l'intensité. Il en résulte donc que la surface éclairée par le faisceau augmente en même temps que l'intensité croît et le projecteur peut ainsi éclairer des surfaces plus grandes, sans cependant les éclairer plus fortement.

» La production des arcs puissants utilisés pour les projecteurs

exige l'emploi de régulateurs spéciaux pour la bonne utilisation du flux lumineux. Le cratère positif tourné du côté du miroir doit être aussi dégagé que possible. Au début, les charbons étaient, à cet effet, inclinés, par rapport à la verticale. Actuellement, la disposition horizontale est la plus généralement adoptée.

» Le charbon négatif, de diamètre aussi réduit que possible, ne produit qu'une occultation minime du cratère positif.

» Les régulateurs de ces lampes spéciales comportent, en général, un moteur électrique qui est mis en action dès que la différence de potentiel entre les charbons vient à dépasser la limite fixée. Un ressort, maintenu bandé pendant le fonctionnement de la lampe, produit l'écart des charbons aussitôt que le moteur électrique cesse d'agir.

» Il en résulte des mouvements constants des charbons, soit dans le sens du rapprochement sous l'effet du moteur électrique, soit dans le sens inverse, sous l'action du ressort. Ces mouvements alternatifs, de très faible amplitude, maintiennent les charbons à la distance moyenne convenable.

» L'efficacité des observations faites à la lumière des projecteurs dépend, de toute évidence, de la puissance du faisceau, des dimensions du but, de sa couleur et de la nature du fond sur lequel il se détache, de la transparence de l'atmosphère et de la vue de l'observateur.

» Ces conditions variant dans des proportions considérables, suivant les cas, il n'est pas possible de définir la portée d'un projecteur comme celle d'une pièce d'artillerie.

» La perfection de la forme et le pouvoir réflecteur de la surface des miroirs ont une influence extrêmement importante pour la puissance d'éclairement aux grandes distances; cette influence est beaucoup moins sensible pour l'éclairage rapproché.

» Quand il s'agit d'éclairer au loin, il faut donc porter son attention sur la précision des miroirs employés.

» Un élément très important aussi est l'entraînement de l'observateur. En effet, à ses débuts, l'observateur se trouve désorienté; tout d'abord, il distingue fort mal les objets éclairés, puis commet de grossières erreurs sur les distances qui lui font éprouver, en général, un réel désappointement de ne pouvoir percevoir certains

détails sans se rendre compte que leur éloignement ne permettrait pas de les voir, même en plein jour.

» L'aspect des objets éclairés par les rayons sensiblement horizontaux du faisceau expose aussi à de graves erreurs que la pratique permet d'éviter.

» Les débutants, impressionnés par les premières difficultés rencontrées, songent fréquemment à modifier les appareils, plutôt qu'à se perfectionner dans leur emploi. Si un obstacle au ras du sol vient à gêner le faisceau, ils souhaitent voir surélever le projecteur; si, au contraire, une haute futaie ne laisse de passage libre pour le faisceau qu'à proximité du sol, ils demandent des appareils plus bas.

» Ce sont là des détails bien secondaires, mais qui ont fait perdre beaucoup de temps et qui expliquent, pour une large part, le retard considérable qui s'est produit dans l'emploi des projecteurs sur le terrain, par rapport à leur utilisation à la mer.

» Il serait, en effet, inexact d'attribuer le succès de ces appareils entre les mains des marins, à des facilités d'observation plus grandes à la mer que sur terre. Tout au contraire, l'usage des projecteurs à la mer exige une grande habileté et beaucoup d'entraînement. Sur terre, les nombreux repères qu'il est facile d'éclairer servent de guides à l'observateur expérimenté.

» A titre de renseignement, on peut noter comme distances moyennes permettant des observations efficaces, par temps clair, sur les côtes de l'Océan, 3500 m à 5500 m avec des projecteurs de 1,50 m, et 2600 m à 4000 m avec des projecteurs de 0,90 m.

» La brume réduit beaucoup ces portées, qui peuvent être aisément dépassées, lorsque l'atmosphère est transparente.

» En calculant les éclairagements obtenus par les projecteurs comme il a été indiqué précédemment, pour un éclat pratique moyen de 140 bougies décimales par millimètre carré de surface de la projection du miroir sur un plan perpendiculaire à l'axe de ce dernier et avec une transparence kilométrique de l'atmosphère de 0,92, on obtient :

Pour un projecteur de 0,90 m éclairant à 3000 m.....	7,75 lux
» » » 5000 ».....	2,35 »
» 1,50 m » 3000 ».....	21,4 »
» » » 5000 ».....	6,54 »

» Comme terme de comparaison, il est à noter que l'éclairement de la pleine lune, dans les meilleures conditions, correspond à 0,2 lux (*fig. 7*).

» Pour tirer un parti efficace de l'éclairement produit par le projecteur, l'observateur doit s'attacher à l'utiliser le mieux possible. Il importe, en particulier, qu'il fasse usage de lunettes bien appropriées au service de nuit.

» Après avoir examiné la constitution du projecteur proprement



Fig. 7. — Éclairage du château de Brienne par un projecteur de 0,90 m à miroir métallique doré.

dit, nous passerons rapidement en revue les dispositifs accessoires nécessaires à son emploi.

» Ces dispositifs doivent répondre aux meilleures conditions d'observation des buts et à la tactique particulière fixée en chaque cas.

» Il importe d'éviter la gêne qui résulte de tout obstacle interposé dans le faisceau, non seulement du fait de la quantité de lumière interceptée, mais surtout par suite du contraste fâcheux que produit un objet fortement éclairé plus rapproché que le but.

» Les corpuscules en suspens dans l'air produisent toujours un inconvénient de ce genre. Ce sont, en effet, les matières en suspension dans l'air, poussières et gouttelettes d'eau, qui rendent le faisceau visible.

» Il en résulte une gêne considérable, si le rayon visuel allant de l'observateur au but doit traverser une épaisseur notable du faisceau. Cette gêne est telle que toute observation est pratique-

ment impossible dans le cas où l'observateur se trouvant tout près du projecteur, ne peut apercevoir le but qu'à travers le faisceau tout entier.

» Cet inconvénient est atténué lorsque l'atmosphère est très pure et par suite le faisceau moins visible, ainsi que lorsque le faisceau renferme peu de radiations à faible longueur d'onde. Ce qui est le cas des faisceaux émis par les miroirs dorés.

» La conséquence évidente de ce qui précède est d'éloigner autant que possible l'observateur du projecteur lui-même. Mais pour que l'observation soit possible, l'observateur doit diriger le faisceau à son gré, avec une grande précision.

» S'il s'agit, en effet, d'éclairer un but distant d'environ 4000 m, un déplacement angulaire d'un degré du projecteur correspond à un déplacement de 70 m environ du faisceau sur le but.

» Le pointage exact des projecteurs exige donc une très grande précision. Aussi, les procédés consistant à faire manœuvrer ces appareils par des aides, commandés directement à la voix ou par téléphone, ont-ils dû être rapidement abandonnés, et la réalisation d'une manœuvre à distance de l'appareil s'est imposée dès les débuts.

» La commande électrique à distance du pointage en hauteur et en direction du projecteur a résolu le problème.

» C'est dans la Marine que l'emploi des projecteurs s'est développé le plus rapidement (*fig. 8 et 9*).

» Sous la menace des attaques de nuit des torpilleurs, les marins ont cherché, dès les débuts, à tirer un parti efficace des projecteurs. Très entraînés aux observations à la mer pendant la nuit, comme pendant le jour, ils ont rapidement acquis une grande habileté dans la manœuvre de ces engins; mais la pratique a fait ressortir un inconvénient grave de l'abus des projecteurs.

» En cherchant à assurer sa protection par une surveillance active en toutes directions, au moyen de faisceaux lumineux, une force navale décelait sa présence et fournissait des renseignements à l'ennemi sur son importance et ses mouvements. La lumière attire les torpilleurs comme les papillons. La surveillance continue a été abandonnée car il est mieux de profiter de l'obscurité pour dissimuler les opérations stratégiques.

» De ces considérations est ressortie la règle moderne qui veut que les bâtiments de guerre restent la nuit dans une obscurité complète, sans laisser le moindre feu apparent. Ce n'est qu'une fois

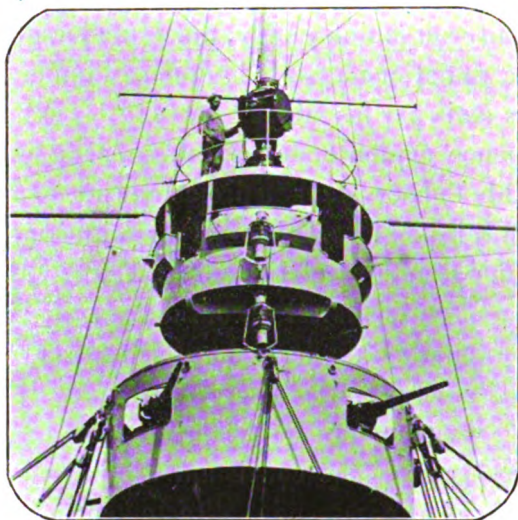


Fig. 8. — Projecteur de hune.

bien certains d'être découverts qu'ils doivent utiliser les projecteurs pour éclairer l'ennemi.

» Il importe alors que les faisceaux soient dirigés immédiate-

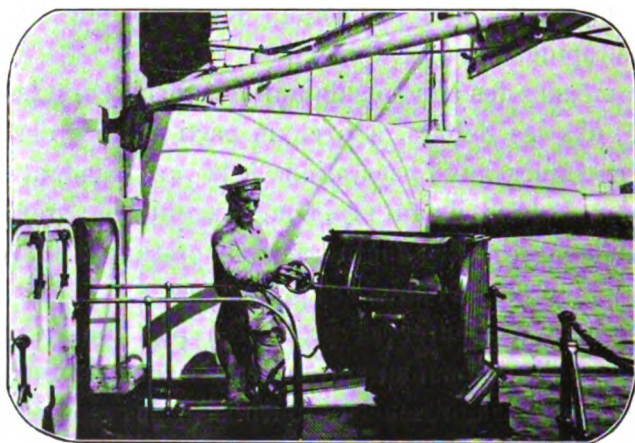


Fig. 9. — Projecteur de sabord.

ment avec une parfaite exactitude sur le but à battre, sans jamais errer sur le champ de bataille pour ne pas risquer d'éclairer un

bâtiment ami qui se trouverait ainsi désigné aux coups de l'assaillant.

» En pratique, une escadre maintient donc tous ses feux masqués dans la nuit, chaque bâtiment surveillant, autant que l'obscurité le permet, ses abords immédiats, et ce n'est qu'au moment où une attaque est manifeste que les projecteurs, qui ont dû être orientés dans la direction du but, sont démasqués pour éclairer brusquement l'assaillant et permettre à l'artillerie d'ouvrir le feu contre lui.

» Il est impressionnant de suivre les attaques des torpilleurs qui se précipitent à grande vitesse sur les cuirassés. Découverts et aveuglés par les projecteurs, ils s'efforcent à réussir leur attaque puis à fuir le tir de l'artillerie.

» De telles opérations, fréquentes dans les manœuvres de la Marine française, entraînent les plus sérieux dangers et il faut toute l'habileté de nos officiers pour éviter de très fréquents abordages, alors qu'il s'en produit si souvent à la mer entre des bâtiments naviguant avec toutes les précautions usitées pour assurer la sécurité.

» Les Marines où de semblables accidents sont plus rares sont celles qui ne pratiquent pas ce genre de manœuvres.

» Elles constituent, au contraire, un entraînement courant, extrêmement utile, dans la Marine française où elles sont conduites avec plus d'audace et d'habileté que partout ailleurs.

» Il est donc nécessaire que les projecteurs installés à bord des bâtiments de combat puissent être pointés sur le but, avant même que le faisceau soit démasqué, et qu'ils soient constamment prêts à l'éclairer immédiatement. A partir de ce moment, ils doivent permettre de suivre l'ennemi dans toutes ses évolutions.

» Comme nous l'avons vu, pour une bonne utilisation de l'éclairage, l'observateur doit être éloigné du projecteur. Il faut par suite lui donner les moyens de démasquer le faisceau à son gré et de pointer exactement le projecteur en tous sens, que le faisceau soit masqué ou non.

» Ce programme, très nettement défini par la Marine, a été résolu au moyen du projecteur asservi.

» Cet appareil comporte des liaisons électromécaniques entre

une lunette d'observation maniée par l'observateur et le projecteur proprement dit. Cette liaison est telle que l'axe du projecteur reste constamment parallèle à l'axe optique de la lunette, quels que soient les déplacements de cette lunette.

» Il en résulte que le faisceau vient constamment frapper les points visés et que tout se passe pour l'observateur comme si l'étendue que peut explorer la lunette était éclairée en son entier.

» Une commande électrique permet de masquer ou démasquer à volonté le faisceau.

» Je décrirai deux dispositifs de projecteur asservi.

» Le schéma (*fig. 10*) représente le système très ingénieusement réalisé par la maison Bréguet.

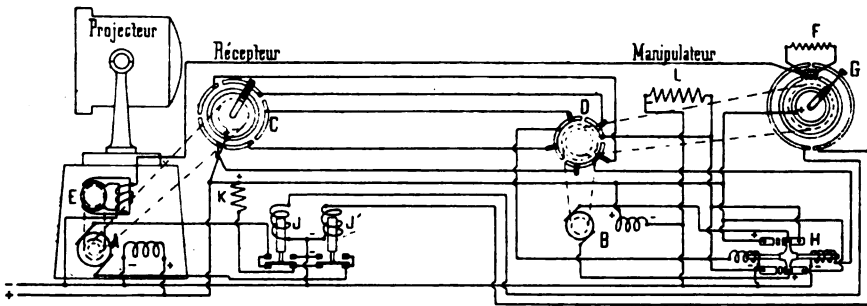


Fig. 10.

» Le poste de commande ou manipulateur comprend :

» 1° Un électromoteur B de 7 kilogrammètres environ à enroulement shunt;

» 2° Un commutateur D à 5 plots avec porte-frotteurs à 3 contacts;

» 3° Un plateau inverseur F et un porte-frotteur G portant l'alidade de visée;

» 4° Un inverseur électromagnétique H pour le changement de marche du moteur ci-dessus;

» 5° Un rhéostat L inséré dans l'induit du moteur B.

» Le projecteur comprend tous les organes ordinaires d'un projecteur commandé électriquement à distance.

» Il est ainsi muni pour le pointage en direction d'un électromoteur A, d'un jeu de relais inverseurs J et J' pour la commande de cet électromoteur, et d'un rhéostat K inséré dans son induit.

» Pour l'asservissement du pointage en direction, l'appareil est muni de :

» 1° Un frein électromagnétique E relié mécaniquement à l'arbre de l'induit du moteur de pointage en direction ;

» 2° Un commutateur C à 5 plots reliés mécaniquement aux organes de transmission de la commande de pointage en direction.

» DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT. — A l'arrêt, l'électromoteur A du projecteur est en court-circuit par les relais inverseurs J et J' qui se trouvent à la position de repos ; d'autre part, l'électromoteur B du manipulateur est en court-circuit par suite de la concordance des frotteurs des deux commutateurs d'asservissement C et D.

» Tout déplacement de l'alidade et de son frotteur G sur le plateau inverseur F provoque le jeu d'un relais inverseur J ou J' et par suite la mise en marche de l'électromoteur du projecteur. On réalise ainsi à distance la commande non asservie du projecteur.

» La rotation de celui-ci et par suite du commutateur C supprime le court-circuit du moteur B du manipulateur et en même temps fait agir l'inverseur électromagnétique H de façon à donner un sens de rotation convenable à ce dernier moteur.

» Ce dernier entraîne son commutateur D et le plateau inverseur F jusqu'à ce qu'il y ait concordance entre les frotteurs des deux commutateurs C et D et que le plot nul du plateau inverseur soit venu se placer sous le frotteur du porte-alidade, d'où court-circuit et arrêt du système.

» Si le moteur du manipulateur tend dans sa marche à prendre de l'avance sur celui du projecteur, son sens de marche se trouve inversé par le jeu de l'inverseur H, dès le début de l'avance ; il revient donc en arrière, stoppe au moment de la concordance parce qu'il est en court-circuit, et repart dans le sens primitif dès qu'il prend du retard. Il reste donc constamment, à ce léger réglage près, asservi au moteur du projecteur et toujours avec tendance au retard.

» Il ne peut y avoir dérèglement que si, au contraire, le moteur du projecteur prend de l'avance sur celui du manipulateur. Or, il est facile de constituer le moteur du manipulateur de telle sorte que sa

vitesse soit toujours plus grande que celle du moteur du projecteur, et que la seconde hypothèse ne se réalise jamais. Du reste, si par hasard elle se réalisait, on en serait de suite averti parce que l'inverseur électromagnétique monté dans le manipulateur deviendrait fou et battrait par saccades.

» Le moteur du manipulateur se trouve donc freiné par court-circuit chaque fois qu'il aura rattrapé l'autre, mais son démarrage rapide et sa vitesse lui permettent de ne pas se laisser dépasser sensiblement par l'autre, même pendant les changements de marche.

» Il est à remarquer que le couple résistant du moteur B du manipulateur est sensiblement constant, car les organes commandés ne sont pas influencés par le roulis ou des frottements anormaux comme c'est le cas pour le projecteur.

» Mais du fait que le moteur B du manipulateur n'obéit pas directement au déplacement de l'alidade, puisqu'il faut que le projecteur et, par suite, son commutateur C aient tourné pour rompre le court-circuit dudit moteur B, il s'ensuit que ce moteur a toujours du retard sur celui du projecteur. Lorsqu'il a ramené le plot nul du plateau inverseur F sous le plateau de l'alidade G, l'arrêt du système doit se produire, mais l'inertie des pièces leur fait dépasser la position du court-circuit, et le plateau inverseur F provoque un changement de marche du projecteur.

» Il se produirait donc des balancements importants et ininterrompus du projecteur et du moteur du manipulateur. Pour éviter cet inconvénient, il suffit de ralentir la vitesse du projecteur et par conséquent du manipulateur dans le voisinage immédiat du but, c'est-à-dire du point zéro; de la sorte l'avance du projecteur sur le manipulateur est très réduite et le balancement ne se produit plus.

» Ce ralentissement est obtenu facilement par un frein électromagnétique E monté sur l'arbre d'induit du moteur du projecteur, et dont le circuit d'excitation est relié au plateau inverseur F du manipulateur et à son frotteur jouant le rôle d'interrupteur.

» Le schéma indique deux plots de freinage sur le plateau inverseur, de façon à faire passer graduellement la vitesse du projecteur de grande à petite vitesse et inversement par l'intermédiaire d'une autre valeur.

» La figure 11 représente le dispositif d'asservissement réalisé par la Société Sautter, Harlé et C^{ie}.

» Ce système est basé sur les propriétés du pont de Wheatstone.

» Deux rhéostats A et B, convenablement ajustés au moyen de

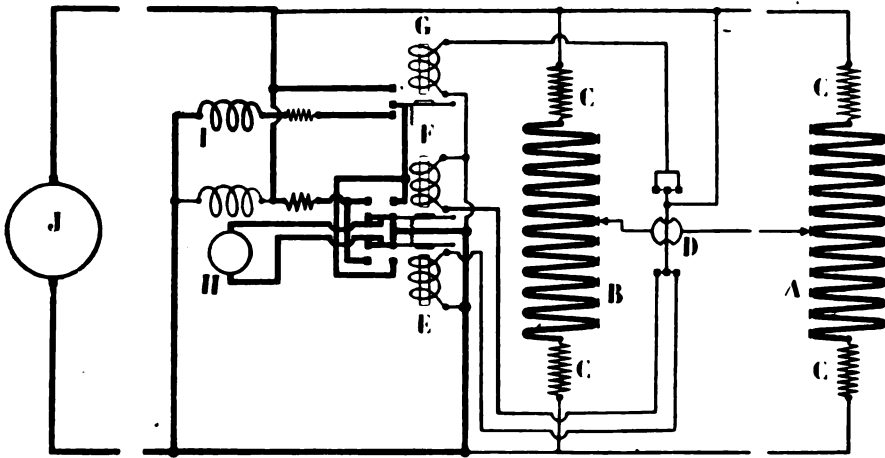


Fig. 11.

résistances complémentaires C, sont montés en dérivation aux bornes de la source.

» Le rhéostat A fait partie du poste de commande.

» Le rhéostat B fait partie du poste récepteur installé dans le projecteur.

» La lunette du poste de commande entraîne dans son mouvement un contact mobile sur la résistance A.

» Un autre contact mobile solidaire du projecteur se déplace, suivant les mouvements de ce dernier, sur la résistance B.

» Les contacts mobiles de A et B sont reliés par un conducteur sur lequel se trouve monté le galvanomètre D.

» Quand les contacts mobiles sont respectivement sur des touches correspondantes des résistances A et B, aucun courant ne traverse le galvanomètre D et le système est en équilibre.

» S'il en est autrement, le galvanomètre D est parcouru par un courant dont le sens dépend de la position relative des contacts mobiles sur les résistances A et B.

» Le galvanomètre D, qui est polarisé, établit dans ses déplacements des contacts qui agissent sur les relais E ou F d'un commu-

tateur inverseur commandant l'électromoteur de pointage H. Cet électromoteur entraîne donc le projecteur dans un sens ou dans l'autre, suivant la position relative des contacts mobiles de A et B.

» Les connexions sont établies de telle sorte que le déplacement du projecteur a pour effet de ramener le contact mobile de B dans le sens voulu pour rétablir la coïncidence des positions des contacts mobiles sur les deux résistances A et B.

» A ce moment, le galvanomètre D reprend son équilibre; les relais E et F n'étant plus actionnés ni l'un ni l'autre, le commutateur inverseur ferme en court-circuit, comme le montre le schéma, l'induit de l'électromoteur H qui s'arrête immédiatement.

» Ainsi limité, le système imprimerait au moteur H une vitesse constante, quelle que soit l'amplitude des mouvements du projecteur.

» Pour éviter un arrêt brutal et des oscillations au moment où le parallélisme entre le projecteur et la lunette serait obtenu, il faudrait accepter une allure très réduite pour les mouvements, ce qui serait fort gênant en pratique. Aussi, des dispositions ont-elles été prises pour que l'électromoteur H prenne automatiquement une allure appropriée à l'amplitude du déplacement du projecteur.

» Pour de petits mouvements de la lunette, l'électromoteur H tourne lentement et, pour un mouvement plus étendu, cet électromoteur prend d'abord une allure rapide qui se réduit très notablement avant que le point d'équilibre soit atteint.

» Il en résulte que, lorsque la lunette a été déplacée d'un angle assez grand, le projecteur tourne rapidement, puis ralentit automatiquement un peu avant que le parallélisme soit atteint, afin d'y parvenir avec une grande douceur et sans oscillation.

» Si la lunette est déplacée lentement, le projecteur la suit également à faible allure.

» Ce résultat est obtenu grâce à la disposition du galvanomètre D qui établit tout d'abord les contacts correspondant aux relais E et F, comme il vient d'être décrit, et cela pour une différence extrêmement faible dans la position des contacts mobiles de A et B.

» Si cette différence augmente, le courant qui traverse D croît également et le couple de G devient plus fort. Il fléchit alors la lame

du premier contact établi et vient en produire un second qui a pour effet d'actionner le relais G.

» Le fonctionnement de ce relais produit l'accélération du mouvement de l'électromoteur H, comme nous allons le voir.

» Les effets inverses se produisent quand le parallélisme est sur le point de se rétablir et que par suite le courant diminue dans D. A ce moment, le relais G cesse d'agir et le moteur est ralenti.

» Comme le montre le schéma, l'électromoteur H est excité par un enroulement constamment en dérivation K aux bornes de la source et par un enroulement supplémentaire I.

» L'armature du relais G met en circuit ou hors circuit l'enroulement complémentaire I et la résistance L.

» Dans le premier cas, c'est-à-dire lorsque le relais G n'étant pas excité, son armature est rappelée par le ressort antagoniste, le courant de la source traversant la résistance L aboutit, d'une part, à l'induit et, d'autre part, à l'enroulement complémentaire I.

» Dans ces conditions, l'excitation de l'électromoteur atteint son maximum et le courant dans l'induit se trouve limité par la résistance L; par suite l'induit H tourne lentement.

» Lorsque le relais G attire son armature, l'enroulement I se trouve hors circuit et le courant va directement de la source à l'induit H. L'excitation étant réduite et le courant admis sans résistance sur l'induit, ce dernier tourne à grande vitesse.

» Ce dispositif de commande est installé sur le projecteur, aussi bien pour la commande en direction que pour la commande en hauteur. Il y a donc dans l'appareil deux dispositifs identiques régissant les mouvements des deux électromoteurs affectés respectivement au pointage en hauteur et en direction.

» Le poste de commande comprend simplement la lunette d'observation qui entraîne dans ses mouvements à la fois les frotteurs correspondant aux résistances du pointage en direction et du pointage en hauteur.

» Deux fils amènent à ce poste de commande le courant de la source et deux autres fils aboutissent aux deux galvanomètres D. Quatre fils suffisent donc pour réaliser l'asservissement complet en tous sens (*fig. 12*).

» La précision de l'asservissement ne dépend que de la sensibilité du galvanomètre D et de la subdivision des rhéostats A et B.

» En pratique, cette subdivision correspond à moins de un demi-degré, ce qui assure une telle précision au pointage que le faisceau du projecteur se trouve toujours compris dans le champ de la lunette d'observation.

» L'amplitude du champ de cette lunette a encore pour effet

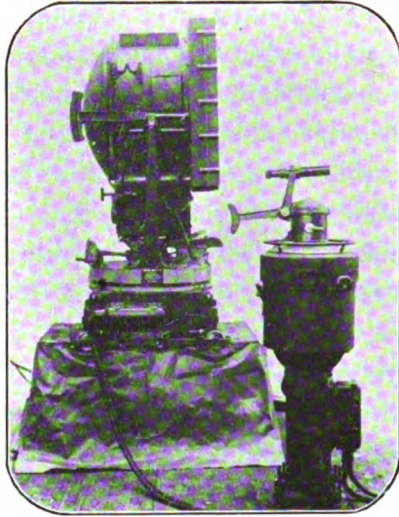


Fig. 12. — Projecteur asservi, système Sautter, Harlé et C^{ie}.

d'éviter les inconvénients que pourraient entraîner les erreurs de parallaxes.

» Les volets d'occultation du faisceau sont commandés du poste de manœuvre au moyen d'un commutateur qui envoie le courant dans un électro-aimant qui les actionne.

» En même temps que ce solénoïde, un autre relais entre en action et commande le réglage de la lampe, ainsi que la mise en circuit d'une résistance supplémentaire, de manière à réduire le régime de l'arc à une faible intensité. Si, par exemple, la lampe fonctionne normalement à 100 ampères, l'intensité tombe dès que les volets se ferment à 17 ampères.

» Le nouveau réglage de l'arc se trouve établi de telle sorte que la taille des crayons se conserve parfaitement; aussi dès l'ouverture des volets, les effets inverses se produisant, l'arc reprend instantanément un régime absolument stable à 100 ampères.

» Ce résultat est si parfait qu'il semble, chaque fois que les volets sont ouverts, que le régime de l'arc n'a subi aucune modification.

Ce dispositif offre, en pratique, de grands avantages. Il réduit la dépense d'énergie pendant les longues périodes durant lesquelles le feu doit être maintenu masqué et réduit dans de grandes proportions la consommation des crayons, ce qui évite l'obligation de les changer fréquemment pendant le service.

» Un commutateur placé sur le poste de commande permet aussi de produire l'allumage ou l'extinction de la lampe et un bouton met en action une sonnerie placée sur le projecteur pour les signaux.

» Toutes ces manœuvres s'effectuent au moyen d'un câble renfermant seulement sept conducteurs.

» Notre collègue, M. le capitaine Viry, ancien élève de l'École supérieure d'Électricité, a imaginé un système de commande des projecteurs qui vient d'être appliqué par la Société Sautter, Harlé et C^{ie} à des appareils automobiles de campagne.

» Ce système est particulièrement intéressant en ce cas, par suite de la légèreté des conducteurs qui relient le poste de commande au projecteur.

» Deux fils de petit diamètre analogues à des fils téléphoniques suffisent, en effet, pour commander un nombre quelconque de mouvements.

» Le poste transmetteur comporte des lames vibrantes en nombre correspondant à celui des mouvements à obtenir.

» La période propre de vibration de ces lames diffère de l'une à l'autre.

» La mise en action de l'une d'entre elles produit dans le circuit un courant vibré de période égale à celle de cette lame. Ce courant agit sur les lames vibrantes du récepteur, respectivement accordées avec celles du transmetteur. Il en résulte que seule la lame du récepteur correspondant à celle qui a été mise en action au transmetteur entre en vibration et provoque le déclenchement d'un relais qui produit le mouvement désiré.

» Le schéma (*fig. 13*) montre la disposition du système pour deux mouvements correspondant à la marche dans l'un ou l'autre sens de l'électromoteur I.

» Le poste de commande A comporte deux lames vibrantes C dont la vibration peut être entretenue au moyen d'électro-aimants B et

de contacts disposés comme le montre le schéma. Une seule bobine B peut actionner plusieurs lames.

» Les lames vibrantes E du récepteur qui sont en forme de diapason sont soumises à l'action des bobines F qui reçoivent les courants vibrés du transmetteur.

» La lame du transmetteur accordée avec celle qui a été

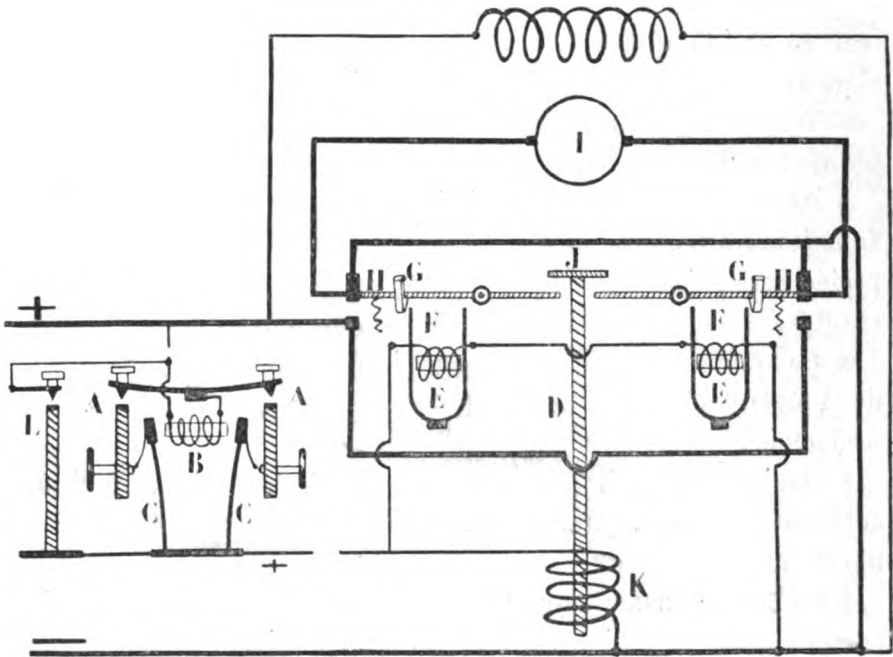


Fig. 13.

mise en action au transmetteur entre en vibration et vient déclencher un cliquet articulé G maintenant la bascule H qui établit le contact correspondant à l'un des mouvements de l'électromoteur I.

» Pour faire cesser le mouvement de I, il suffit d'envoyer du poste récepteur un courant continu qui agit sur la bobine K dont le noyau abaisse, par la tige J, les leviers H de manière à armer à nouveau les cliquets G.

» En donnant à la constante de temps de la bobine K une valeur élevée par rapport à celle des bobines F, les courants vibrés passent presque entièrement par ces dernières bobines, tandis que les courants continus agissent sur la bobine K.

» Ce dispositif commande sur les projecteurs de campagne, les huit mouvements différents suivants :

- » 1° Mouvement de rotation à droite, vite ;
- » 2° Mouvement de rotation à droite, lentement ;
- » 3° Mouvement de rotation à gauche, vite ;
- » 4° Mouvement de rotation à gauche, lentement ;
- » 5° Mouvement de rotation du projecteur relevant le faisceau ;
- » 6° Mouvement de rotation du projecteur abaissant le faisceau ;
- » 7° Extinction de l'arc ;
- » 8° Abaissement du rideau d'occultation.

» Il est d'ailleurs facile, avec ce système, de commander un nombre plus considérable de mouvements, car les lames peuvent être réglées avec des différences de deux vibrations par seconde.

» Pour le service des côtes et des places, il existe des projec-

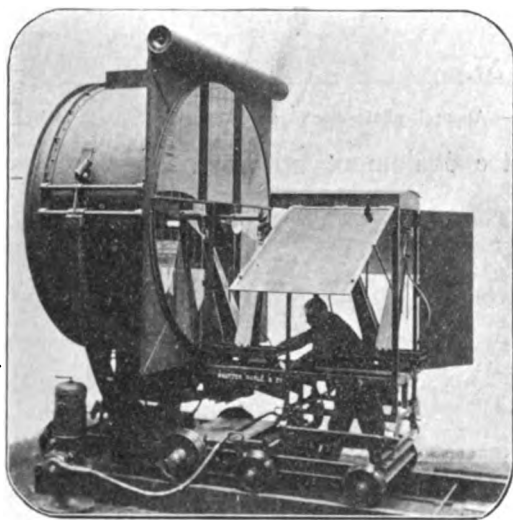


Fig. 14. — Projecteur de 2 m pour les côtes.

teurs fixes qui peuvent être manœuvrés à la main, commandés électriquement à distance ou être asservis, suivant leurs conditions d'emploi (*fig. 14*).

» Depuis de longues années, la Marine entretient des postes photo-électriques de côtes bien aménagés, pourvus d'un personnel stable et expérimenté, qui servent dans les ports de guerre à la surveillance des abords et qui commandent les lignes de torpilles.

Un grand nombre de postes analogues se trouvent à la disposition de l'Artillerie pour la défense des côtes.

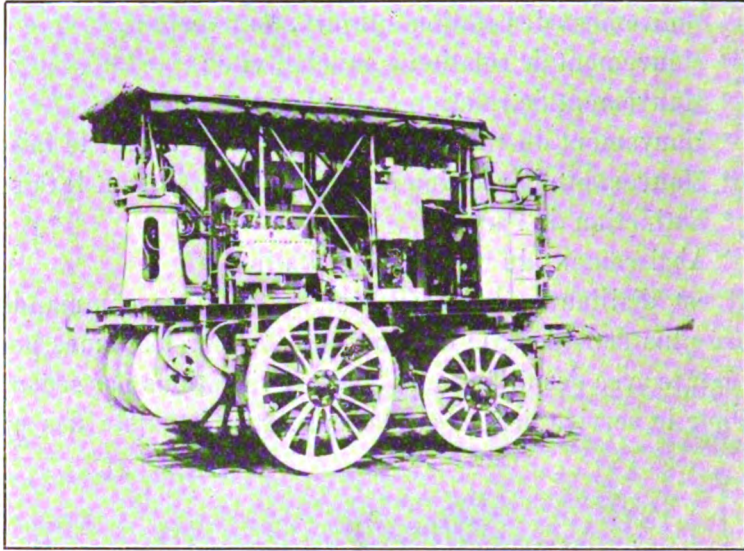


Fig. 15. — Appareil photo-électrique de campagne de la Maison Bréguet.

» Il peut être également utile, en certains cas particuliers,

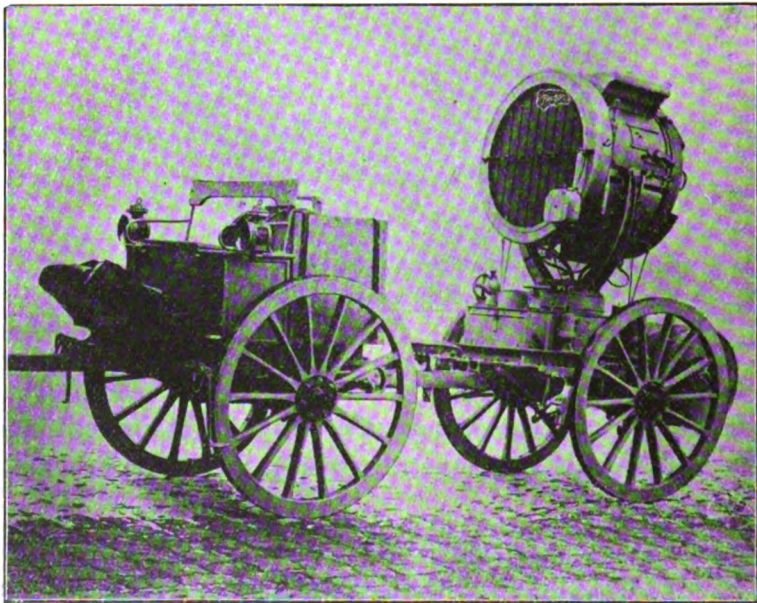


Fig. 16. — Projecteur de campagne de la Maison Bréguet.

d'établir des projecteurs fixes pour la défense des places et des

ouvrages permanents. C'est ainsi que certains projecteurs sont installés sous coupoles cuirassées à éclipse; mais le plus généralement, pour les opérations à terre soit dans l'attaque et la défense



Fig. 17. — Appareil photo-électrique de campagne de la Société Sautter, Harlé et C^{ie}.

des places, soit en campagne, l'emploi de projecteurs mobiles s'impose (*fig. 15, 16 et 17*).



Fig. 18. — Projecteur de 0,60 m pour contre-torpilleur, type Sautter, Harlé et C^{ie}.

» Depuis longtemps déjà il existe des appareils photo-électriques mobiles des types les plus variés (*fig. 18*).

» En 1900, M. Louis Renault a employé aux manœuvres un projecteur automobile.

» Le moteur de 7 chevaux de la voiturette pouvait être embrayé,

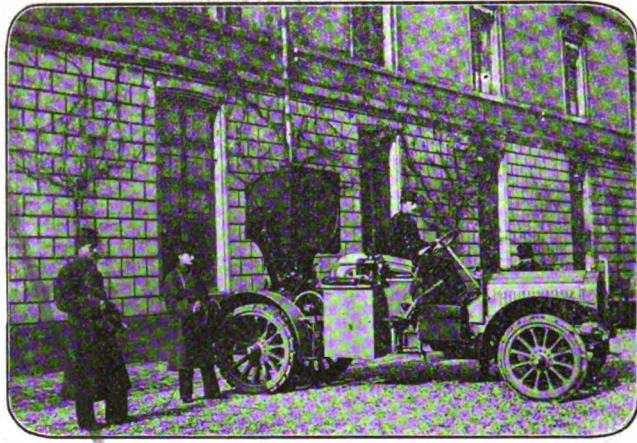


Fig. 19. — Appareil photo-électrique automobile Sautter, Harlé et C^{ie}.

soit avec le mécanisme de commande des roues, soit avec une dynamo alimentant le projecteur.

» En 1905, aux grandes manœuvres de l'Est dirigées par le général Brugère, nous avons pu utiliser un appareil photo-élec-

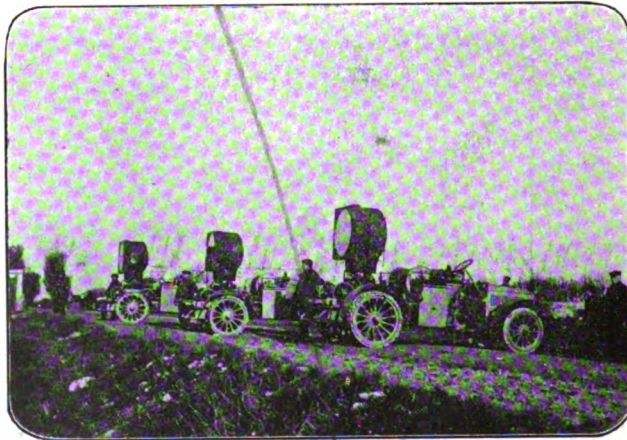


Fig. 20. — Appareils photo-électriques automobiles Sautter, Harlé et C^{ie}.

trique automobile fort intéressant établi par M. Krieger, et un autre appareil installé sur un châssis Panhard et Levassor.

» Il a été aisé de constater au cours de ces manœuvres l'excellent

parti qu'il était possible de tirer d'appareils photo-électriques automobiles.

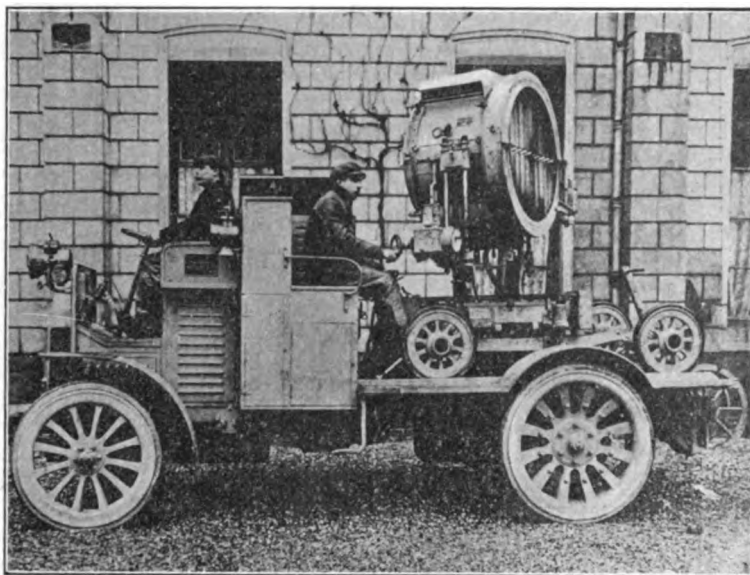


Fig. 21. — Appareil photo-électrique automobile Bréguet.

» La Société Sautter, Harlé et Cie a étudié depuis 1900 divers

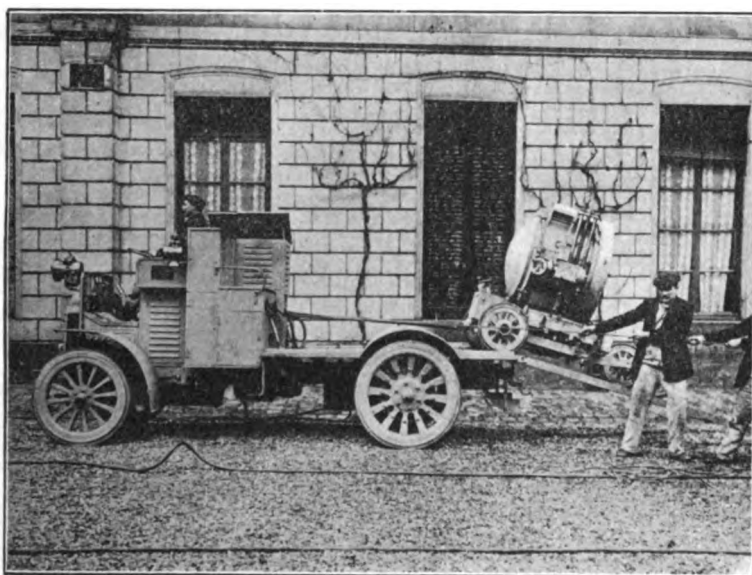


Fig. 22. — Appareil photo-électrique automobile Bréguet.

modèles de ce genre (*fig.* 19, 20, 21 et 22).

» Il a été réalisé enfin nombre d'appareils spéciaux pour des cas particuliers. Entre autres, des projecteurs extrêmement légers pour

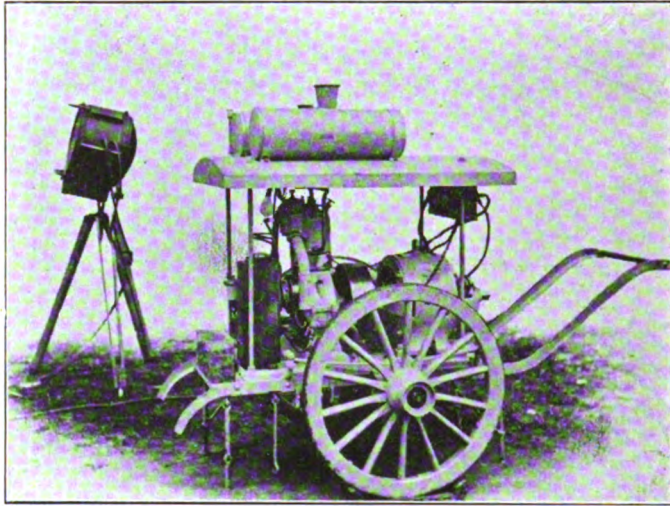


Fig. 23. — Appareil photo-électrique de montagne Sautter, Harlé et C^{ie}.

le service en montagne (*fig. 23 et 24*) et des appareils plus légers encore pour servir à bord des ballons dirigeables.



Fig. 24. — Appareil photo-électrique de montagne Sautter, Harlé et C^{ie}.

» Ces renseignements et les figures suffisent à donner une idée

de la variété des types de projecteurs militaires dont on dispose aujourd'hui. Chaque fois que le problème a été nettement défini, les spécialistes l'ont résolu de la façon la plus complète.

» C'est ainsi que la Marine possède un matériel de projecteurs répondant absolument à ses besoins.

» Pour les armées de terre, beaucoup de très ingénieuses dispositions techniques ont été réalisées avec succès, mais, par contre, les conditions d'emploi de ce matériel sont loin d'être définies comme dans la Marine.

» Un travail fort intéressant à ce point de vue a été publié par M. le commandant Clarinval dans le *Spectateur militaire*.

» Les progrès de l'utilisation des projecteurs à terre sont uniquement liés à l'étude attentive que doit faire de cette arme le haut commandement.

» En outre des collègues dont j'ai signalé les travaux touchant aux projecteurs, je citerai, parmi ceux qui ont participé au développement de ces appareils, MM. Pollard, Maugas, Savatier, de Lagabbe, Leblond, Foucque, les commandants Piérart et Binet, le commandant Cordier qui vient de donner avec son collaborateur, le capitaine Doisan, une heureuse impulsion à l'emploi des projecteurs automobiles, les capitaines Cellier, Bainville, Hefty et Christmann.

» Il m'est fort agréable de signaler que beaucoup de ces officiers ont suivi les cours de l'École supérieure d'Électricité; ils ont vite montré le profit qu'ils savaient en tirer.

» En terminant, je tiens à remercier les Sociétés Sautter, Harlé et C^{ie} et Bréguet, pour l'extrême obligeance avec laquelle elles m'ont facilité la présentation des appareils que je viens de décrire, ainsi que MM. Seng et Le Guillochet, habiles collaborateurs de la Société Sautter, Harlé et C^{ie}, qui m'ont beaucoup aidé à assurer le fonctionnement de ce matériel sous vos yeux.

M. le PRÉSIDENT adresse tous ses remerciements à M. Bochet et le félicite pour la façon élégante et claire avec laquelle il a fait ressortir les progrès et les avantages des projections électriques pour les services militaires.

LES ACCIDENTS CAUSÉS PAR LE COURANT ÉLECTRIQUE.

M. D'ARSONVAL. — « Messieurs, j'ai l'honneur de présenter à la Société, de la part de M. le Dr S. Jellinek, de Vienne (Autriche), un Ouvrage très important sur les accidents causés par le courant électrique.

» Je mets sous vos yeux les nombreuses planches en couleur extraites de son atlas d'Électropathologie qui résument, de façon fort instructive, les lésions variées produites par le passage du courant électrique à travers l'organisme.

» Le Dr Jellinek se trouve dans des conditions exceptionnellement favorables pour observer ce genre d'accidents. Depuis 10 ans il a été créé à Vienne, sur l'initiative de l'Empereur, un laboratoire et une clinique d'Électropathologie, confiés aux soins du Dr Jellinek et où passent tous les accidentés de l'électricité.

» On peut tirer de la Note ci-dessous du Dr Jellinek les conclusions suivantes :

» 1° Que toute installation électrique doit être considérée comme dangereuse, et qu'en conséquence les pouvoirs publics doivent autoriser tous les voltages également s'ils ne veulent pas les proscrire tous ;

» 2° Que, conformément aux recherches que j'ai publiées antérieurement (Société de Biologie, 1884; Académie des Sciences, 4 avril 1887; Société des Électriciens, avril 1892, etc.), l'électricité entraîne la mort des deux façons suivantes :

» a. *Par action directe* (effets disruptifs, calorifiques et électrolytiques de la décharge détruisant *mécaniquement* les tissus);

» b. *Par action réflexe ou indirecte* (en agissant dynamiquement sur les centres nerveux dont l'irritation entraîne l'infinie variété d'effets sur le cœur, la respiration et l'innervation, connus depuis Brown-Séquard sous les noms d'*inhibition* et de *dynamogénie*).

» Les observations de M. Jellinek confirment pleinement ma manière de voir;

» 3° Que, dans tous les cas et chez tous les accidentés, il faut pratiquer la respiration artificielle sans se décourager. Qu'en un

mot, ainsi que je l'ai dit dès le début, *un foudroyé doit être traité comme un noyé.*

» On pourra relire, à ce sujet, l'accident si instructif observé par nos collègues Picou et Maurice Leblanc, qui ont pu sauver l'électrocuté de Saint-Denis après 2 heures de mort apparente. J'ai résumé cette observation dans ma Note à l'Académie des Sciences, du 21 mai 1894 (page 1139), dont je vous donne lecture ;

» 4° Qu'il serait désirable d'instruire tous les électriciens des dangers qu'entraîne l'emploi de l'électricité et des moyens de les éviter, comme cela se pratique à Vienne.

» Le Dr Jellinek me disait que ces accidents qui dépassaient, à Vienne seulement, une centaine par an, étaient tombés ces dernières années à moins de 10, depuis qu'il y est chargé de faire l'éducation des ouvriers électriciens. Cette statistique se passe de commentaire. Comme corollaire, il faudrait qu'au lieu de cacher les accidents électriques leur déclaration fût rendue obligatoire comme à Vienne.

» Au point de vue étiologique, la question la plus importante qui nous intéresse est la suivante : Quand doit-on appeler *dangereux* un courant électrique ou une installation ?

» La question est simple, mais la réponse très compliquée, surtout si nous considérons les circonstances pratiques des accidents électriques. Par exemple, il peut arriver qu'un ouvrier au contact d'une ligne à 100 volts soit tué instantanément, et qu'un autre ne soit que légèrement blessé au contact d'une ligne à 1000 ou 5000 volts ! Autre exemple, toujours pris dans la pratique : un homme a reçu une étincelle électrique au doigt ou dans le dos et tombe mort ; un autre homme, fermant le circuit entre deux pôles (+ et —) en touchant avec ses mains deux fils électriques, n'est que très légèrement blessé et guérit en peu de temps.

» Pour comprendre cette différence d'action du courant, il faut distinguer deux catégories de circonstances qui font que le contact avec un même fil devient mortel dans un cas et inoffensif dans un autre.

» La *première* catégorie comprend les circonstances *externes* d'un accident : la *tension*, l'*intensité*, le *nombre de pôles* qu'on a touchés, le *temps* pendant lequel la victime est restée en contact avec le courant.

» La *deuxième* catégorie comprend les circonstances *individuelles* : la résistance de la peau, le chemin parcouru par le courant à travers le corps, l'*état subjectif* (*status somaticus*) et enfin le *genre*, la *qualité* de l'animal si nous étendons nos observations aux animaux.

» La pratique nous enseigne que la tension de 100 volts doit déjà être qualifiée de dangereuse, parce que nous avons observé un cas mortel produit par cette tension et même par une tension de 65 volts ! C'est pourquoi toute installation électrique doit être considérée comme dangereuse.

» Si les électriciens estiment que $\frac{1}{10}$ d'ampère peut être dangereux, nous disons, nous, que les accidents mortels ont déjà été produits par des intensités beaucoup plus faibles ; en tout cas, l'intensité du courant qui traverse le corps humain a une grande influence sur les centres nerveux, mais l'intensité n'est *qu'un* de ces huit points (externes et individuels) que nous devons considérer dans leur ensemble si nous voulons juger l'action du courant électrique.

» *Cæteris paribus*, l'attouchement de deux pôles est plus dangereux que l'attouchement d'un seul, mais cependant, en raison du mode usité dans les installations électriques, il faut bien dire que toute installation, quoique bien isolée, n'en est pas moins en bon contact avec la terre, c'est pourquoi il suffit du contact d'un seul pôle pour causer un accident.

» Relativement au *temps* pendant lequel la victime est restée en circuit, la question ne semble pas être tranchée ; nous pensons qu'un temps prolongé paraît être plus dangereux dans le cas du courant alternatif. Nous devons ajouter qu'au point de vue hygiénique, le courant continu nous semble plus dangereux que le courant alternatif.

» La *résistance* de la peau joue un rôle très important : rappelons-nous la loi d'Ohm

$$I = \frac{E}{R}.$$

De plus elle est très variable : ainsi nous trouvons une résistance de 40000, 60000, 100000 ohms et plus entre les deux mains d'un ouvrier, tandis que, dans les mêmes conditions, la peau d'une femme ou d'un homme ne faisant qu'un travail de bureau ne présente qu'une

résistance de 5000 ohms et même moins; entre les lèvres et le rectum, on trouve une résistance variant entre 800 et 1000 ohms.

» Dans le rôle protecteur que joue la peau pour nous défendre contre l'entrée du courant, le vêtement et la chaussure jouent souvent un rôle important parce que la plupart des accidents électriques se produisent par contact à la terre; ainsi, le courant qui traverse le corps, sortant par la terre, a trouvé dans la chaussure un auxiliaire très important. Si nous avons un contact fortuit avec un fil électrique, des chaussures sèches, isolantes, suffisent à nous sauver; mais il ne faut pas oublier qu'un accident par contact à la terre peut se produire même lorsque nous sommes très bien isolés, par exemple par un tapis ou du caoutchouc, à condition d'avoir touché avec une main un fil électrique et de l'autre un objet en bon contact avec la terre (tuyau à gaz, à eau, poêle, etc.). Exemples :

» C'est pourquoi, il faut distinguer parmi les locaux ceux qui sont en bon contact avec la terre, par exemple, les caves, salles de bains, etc., et ceux qui présentent un mauvais contact avec la terre : salles avec tapis, sans tuyaux à gaz, etc. Les premiers sont considérés par nous comme dangereux au point de vue du courant électrique (*stromgefährlich*), les autres comme protégés contre le courant (*stromsicher*). Ces considérations doivent intervenir au point de vue de la sécurité pour les installations de nos maisons, pour l'appareillage et les mesures de sûreté.

» Un autre facteur, qui joue un rôle important pour augmenter ou diminuer le danger d'un contact électrique, *c'est le chemin* parcouru par le courant à travers notre corps, ou à sa surface : si la majeure partie du courant passe à la surface de notre corps, il n'y aura pas de lésions internes graves, et les conséquences d'un tel accident peuvent être moins dangereuses ; il est vraisemblable que les mauvais résultats de l'électrocution américaine sont dus partiellement à ce que cette condition n'avait pas été observée : les pôles *très mouillés* touchaient la victime sur la tête et dans le dos, circonstance très propre pour un *parcours superficiel*.

» Cette présomption découle de ce fait que la pratique des accidents électriques nous enseigne, à savoir que plusieurs hommes ont été tués au moment de l'attouchement de la peau des victimes qu'ils voulaient secourir.

» Il faut aussi faire intervenir dans notre question initiale l'état psychique et somatique (*status somaticus* et *psychicus*) au moment où nous avons été touchés par un courant ou une décharge électriques : il y a une très grande différence entre un contact par intention ou par surprise ! La surprise psychique a souvent des conséquences désastreuses pour les fonctions vitales ! Elles sont subitement arrêtées, paralysées. Quand on tient compte de cette circonstance, on comprend pourquoi les victimes des accidents meurent de suite, tandis que, dans l'électrocution américaine, la mort était difficile à produire : en effet la surprise au moment du choc manque dans cette opération.

» Une de nos expériences peut avoir une explication semblable : un lapin est tué assez facilement en appliquant dans la bouche et le rectum les pôles d'un courant alternatif sous 1500 volts, tandis qu'un lapin de la même race, soumis à la narcose chloroformique jusqu'à disparition presque complète des phénomènes vitaux, est de suite réveillé et sauvé de la mort par le même courant (1500 volts) précédemment mortel.

» A l'époque où a été publiée cette expérience, un ingénieur anglais Aspinall a observé que deux électriciens, s'étant endormis pendant la nuit dans une usine électrique et se trouvant en contact fortuit avec un courant alternatif de 3000 volts, ont été simplement réveillés par des brûlures dans le dos, sans autre blessure.

» Le huitième facteur, la race, le genre des animaux doit être pris en considération si nous voulons comprendre la différence et l'action à peu près contradictoire d'un même courant électrique. Les chiens, les chevaux, les cochons d'Inde et les lapins sont assez sensibles au courant ; les souris blanches (qu'on peut tuer déjà avec 35 volts), les pigeons et les poissons sont beaucoup plus sensibles. Par contre, l'électricité a peu d'action (presque nulle) sur les tortues et les grenouilles. Il a même été impossible de tuer une grenouille par un courant électrique !

» *La mort.* — Pour étudier le mécanisme de la mort causée par l'électricité, nous devons observer : 1° les accidents du travail ; 2° les résultats de l'électrocution américaine ; 3° les expériences sur l'animal ; puis nous devons examiner comparativement les ma-

nifestations se produisant : *a.* sur le cœur, *b.* sur la respiration, *c.* sur les phénomènes de conscience, *d.* sur le système neuromusculaire, *e.* le moment où la mort s'est produite suivant l'accident ou le choc électrique.

» La mort causée par le courant électrique peut se présenter sous trois formes :

» I. La victime meurt tout d'un coup, le choc et la mort étant presque simultanés.

» II. La mort survient avec les symptômes de la paralysie du cœur.

» III. La mort se produit avec les symptômes de la paralysie respiratoire.

» L'état conscient de l'individu dans ces conditions est très variable : tel perçoit le danger, appelle à l'aide et meurt ensuite ; tel autre tombe immédiatement sans connaissance, se relève un instant, prononce quelques mots raisonnables et retombe définitivement.

» La question de la mort causée par l'électricité est encore controversée : d'après le professeur d'Arsonval on peut faire intervenir deux modes, soit :

» 1° Action directe (effet disruptif) ;

» 2° Action réflexe (inhibition).

» Battelli soutient que la mort a pour cause la paralysie du cœur, et nous pouvons ajouter : autant d'auteurs autant d'opinions.

» Quant à nous, nous acceptons les idées du professeur d'Arsonval, si nous avons bien compris ses travaux, et nous disons avec lui que la mort par l'électricité est causée :

» *a.* Par action du choc sur la conscience et les fonctions psychiques (action psychogène) ou inhibition.

» *b.* Par lésion matérielle directe sur les centres nerveux, sur le cœur, qui touchés par l'électricité sont par suite plus ou moins affectés ou endommagés.

» *La Clinique.* — Nous avons observé, chez les animaux et les victimes d'accidents mortels, des lésions microscopiques dans le cerveau et la moelle, des cellules ganglionnaires éclatées, le noyau disloqué, des vaisseaux capillaires déchirés ; chez les animaux et

les victimes d'accidents ayant survécu, nous avons observé la dégénérescence des nerfs.

» Dans nos observations cliniques et nos expériences sur les animaux la mort par électricité nous a semblé, dans la plupart des accidents, être seulement une *mort apparente* qui ne devient définitive que par manque de secours immédiats et conformes aux règles de l'art (actions inhibitrices).

» Il nous paraît superflu d'examiner si la mort a pour cause primitive une paralysie du cœur, parce que nous pouvons démontrer expérimentalement, sur l'animal, que toutes les fonctions vitales, c'est-à-dire du cœur, des centres respiratoires, de l'écorce cérébrale, etc., sont affectées *en même temps* par une secousse électrique et la différence de manifestation n'est due qu'à une différence de degré. Si nous ouvrons le crâne d'un chien chloroformé, afin de produire, par imitation électrique du cerveau, des mouvements des membres (excitation du *cortex cerebri* par une pile de Daniell), et si nous soumettons ce chien par exemple à l'action d'un courant de 110 volts on voit que le cœur est arrêté (ou avec trémulations fibrillaires, Battelli). Mais on observe au même instant l'arrêt de la respiration et aussi des fonctions cérébrales, car dans la minute qui suit l'application du courant, on ne peut réussir à produire des mouvements des extrémités des membres, comme primitivement par excitation du cerveau. Ce dernier n'est plus excitable, *mais* cependant au bout de quelques minutes cette excitabilité reparait, la respiration suit, et alors tout dépend du cœur qui, s'il reprend ses fonctions, enverra aux centres nerveux le sang oxygéné : c'est le cœur qui décide de tout, mais sa fonction n'était pas *seule affectée*, et c'est pourquoi, en *pareil cas*, au point de vue étiologique, on ne peut dire que la mort soit due au premier chef à la lésion du cœur.

» Cette expérience, que nous avons publiée en 1908 dans *Pflüger's Archiv*, montre bien le lien qui réunit les différentes théories de la mort par l'électricité.

» Les *symptômes* produits par un contact avec le courant sont très variables, parce que tous les organes peuvent donner naissance à des symptômes : nous observons la paralysie des muscles et des nerfs, des troubles de conscience, des troubles cardiaques, respiratoires; du météorisme, de l'incontinence et de la rétention

d'urine, etc. En outre de ces symptômes *généraux*, il existe aussi des manifestations *locales*, sur la *peau*, brûlures (par l'arc électrique) ou des *lésions spécifiques électriques* caractérisées par un examen anatomo-pathologique ; au point de vue *clinique* et *étiologique* on doit aussi attribuer à ces lésions spécifiques une importance spéciale ; elles se produisent sous l'influence d'un contact étroit, le courant entrant dans l'individu sans phénomène lumineux ; elles sont blanches ou grises sans réaction ou injection du milieu ou des environs, et sans douleur ; les cheveux ou les poils de la peau, les vêtements situés au-dessus de la lésion restent normaux la plupart du temps, bien qu'ayant été traversés par le courant. Ces lésions spécifiques sont des conséquences de l'effet Joule se produisant dans les tissus.

» Immédiatement après l'accident, les symptômes sont le plus souvent très graves, mais quand la connaissance et l'action du cœur reprennent, le danger est presque toujours passé.

» En général, la victime d'un accident présente dans les premiers instants les symptômes les plus graves, mais au bout de la première heure, ceux-ci s'améliorent très rapidement.

» Dans certains cas, pendant quelques heures, on observe de la bradycardie, pression sanguine augmentée, de la céphalalgie, de la rétention des matériaux excrémentiels ; on retrouve quelquefois dans les urines des traces d'albumine. Quelquefois aussi, soit immédiatement, soit plusieurs jours après, la victime est très excitée et même tout à fait désorientée, et il importe de surveiller avec soin de tels malades.

» Si, deux ou trois jours après l'accident, les symptômes s'amendent, et si la victime éprouve un sentiment de bien-être, nous pouvons en conclure que sa santé ultérieure n'en souffrira pas ; mais si les symptômes persistent et si des affections du système neuromusculaire, du cœur ou des articulations etc., se manifestent, nous devons les considérer comme la conséquence des dégénérescences causées par le passage du courant. L'affection qui apparaît immédiatement après l'accident peut être considérée comme sa conséquence directe ; les autres symptômes apparaissant irrégulièrement et plus tard appartiennent presque toujours à la catégorie des *névroses traumatiques*.

» Il est important d'examiner non seulement les lésions cutanées, mais aussi les vêtements présentant des destructions spécialement au point de vue médico-légal; à notre époque on commence à employer le courant électrique comme moyen de suicide, même pour commettre un homicide, cas qui s'est présenté en Italie. De plus, en étudiant les dommages matériels, nous pouvons quelquefois deviner les circonstances de l'accident, chose importante quand la victime est morte.

» *Premiers secours.* — Suivant la formule laconique de M. le professeur d'Arsonval : *Un foudroyé doit être traité comme un noyé.*

» Par conséquent il faut :

» 1° Mettre la victime hors du circuit (les moyens diffèrent selon le mode de fermeture du courant);

» 2° Étendre le malade horizontalement, à l'air frais et en bonne lumière, ouvrir ses vêtements;

» 3° Avoir soin de maintenir la tête sur le même plan horizontal que les épaules, même un peu élevée (dans le cas d'hémorragie cérébrale, si la tête est trop basse, il peut se produire un écoulement de sang produisant une dilacération du cerveau);

» 4° Examiner la bouche et la gorge, retirer dentiers ou corps étrangers qui peuvent s'y trouver;

» 5° Pratiquer avec le plus grand soin la respiration artificielle (dans un accident qui s'est produit à Vienne, il est arrivé que la victime, sortant de déjeuner, eut la trachée et les bronches obstruées par le contenu de l'estomac qui se trouvait pressé);

» 6° Massage et excitation électrique du cœur;

» 7° Irritation de la peau et du rectum par irrigation avec de l'eau froide (à zéro);

» 8° Un médecin fera une saignée, mais pendant cette opération on suspendra la respiration artificielle, pour éviter une embolie d'air dans les veines et le cœur (ce fait s'est produit à Vienne);

» 9° Le médecin fera aussi une ponction lombaire pour diminuer la pression du liquide céphalo-rachidien (dans un accident, nous avons constaté que cette pression était de 200^{mm} d'eau au lieu de 100^{mm});

» 10° Dans un cas désespéré, le médecin pourra appliquer le

même courant mortel (l'électrode positive au cœur et la négative au rectum) ;

» 11° Il est interdit d'employer comme excitants des liquides tels que le vin, les liqueurs, etc., à cause des dangers de suffocation ;

» 12° Les premiers secours doivent être appliqués avec la plus grande constance, on ne doit pas les interrompre avant les *signes certains* de la mort. Il y a malheureusement des accidents dans lesquels les malades ont été trop tôt condamnés.

» *Prophylaxie.* — Pour diminuer le nombre des accidents électriques nous avons deux moyens à notre disposition :

» 1° Observer avec soin les *prescriptions de sûreté* des sociétés électrotechniques ;

» 2° Instruire les élèves dans les écoles normales, les techniciens, les mécaniciens, au moyen de *bonnes illustrations de planches murales* montrant divers accidents, leur origine, les moyens de les éviter. *Verba movent exempla trahunt.* La plupart des accidents se produisent parce que la victime a le mépris ou l'ignorance du danger. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. d'Arsonval pour les intéressants documents qu'il a bien voulu communiquer à la Société et qu'il a accompagnés, comme de coutume, de réflexions très suggestives.

La séance est levée à 11^h du soir.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

**La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société, tous les jours
de 3 heures à 6 heures. excepté les dimanches et jours de fêtes,
12, rue de Staël.**

France.

- Album de plans de pose d'éclairage électrique*, par H. DE GRAFFIGNY. Paris, Bernard Tignol, 1910; 1 vol. in-8°, cartonné. (*Don de l'éditeur.*)
- Album de plans de pose d'installations téléphoniques*, par H. DE GRAFFIGNY. Paris, Bernard Tignol, 1910; 1 vol. in-8°, cartonné. (*Don de l'éditeur.*)
- Cours d'Électricité et de Magnétisme*, par Émile PIERARD. Paris, Dunod et Pinat; Bruxelles, Ramlot, 1907-1910; 2 vol. in-8°, brochés. (*Don de M.M. Dunod et Pinat.*)
- Distribution (La) de l'électricité, installations isolées*, par R.-V. PICOU. 3^e édition. Paris, Gauthier-Villars, Masson et C^{ie}, 1910; 1 vol. petit in-8°, broché (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire.*) (*Don de M. Gauthier-Villars.*)
- Électricité (L') à la campagne*, par René CHAMPLY. Paris, H. Desforges, 1910; 1 vol. in-8°, broché. (*Don de l'éditeur.*)
- Électrotechnique (L') exposée à l'aide des Mathématiques élémentaires*, par N.-A. PAQUET, A.-C. DOCQUIER et J.-A. MONTPELLIER. Tome II : *Production de l'énergie électrique*. Paris, Dunod et Pinat, 1910; 1 vol. in-8°, broché. (*Don des éditeurs.*)
- Formulaire de l'électricien et du mécanicien*, par E. HOSPITALIER. 2⁴^e édit., 1910, par Gaston Roux. Paris, Masson et C^{ie}, 1910; 1 vol. in-16, cartonné toile. (*Don de l'éditeur.*)
- Radioactivité (La) et la constitution de la matière*, par A. BATTELLI, A. OCCHIALINI et S. CHELLA. Traduit de l'italien par M^{me} Th. BATTELLI. Paris, Gauthier-Villars; Genève, Édition Atar, 1910; 1 vol in-8°, broché. (*Don de M. Gauthier-Villars.*)

Recherches sur la décharge des condensateurs, par André LÉAUTÉ. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-4°, broché. (*Don de l'auteur.*)

Étranger.

Leitfaden zum elektrotechnischen Praktikum, von G. BRION. Leipzig et Berlin, B.-G. Teubner, 1910; 1 vol. in-8°, relié toile. (*Don de l'éditeur.*)



BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Admission de membres titulaires, p. 368. — Allocution de M. le **Président**, p. 368. — Quelques expériences sur les effets destructifs des décharges oscillantes de grande fréquence (M. G. **Courtois**), p. 371. — Sur la commutation (*fin*) (M. **Marius Latour**), p. 381. — Observation relative aux accidents causés par l'électricité (M. le Dr **Bloch**), p. 399.

BIBLIOGRAPHIE, p. 401.

OUVRAGES OFFERTS, p. 402.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 1^{er} juin 1910 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. A. BOCHET.

La séance est ouverte à 8^h40^m du soir.

A propos du procès-verbal de la dernière réunion mensuelle dont il est fait lecture, M. le Dr Bloch présente une observation relative à une Communication de M. le Dr d'Arsonval sur les accidents causés

⁽¹⁾ La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

par l'électricité (*voir* p. 399) et dépose sur le bureau une brochure offerte par M. J. Carvallo.

Le procès-verbal est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque de la Société (*voir* p. 402) et des demandes d'admission suivantes :

MM.

Andrieu (Paul-Henri), Soldat au 149^e rég. d'Infanterie, caserne Courcy, à Épinal (Vosges). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Besson (Louis-Paulin), Lieutenant de vaisseau, 297, rue de Vaugirard, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Bioy (Jean-Baptiste-Paul), Élève à l'École supérieure d'Électricité, 21, rue Linné, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Héritier (Alfred-Louis-Eugène), Ingénieur. Chef des Services mécanique et électrique de la *Compagnie d'Électricité de Montpellier*, 11, rue Grand-Saint-Jean, à Montpellier (Hérault). — Présenté par MM. G. Nissou et A. Nissou.

Lambert (Camillo-Roger), Ingénieur électricien au *Secteur électrique*, à Casablanca (Maroc). — Présenté par MM. Vidal et Le Souhaitier.

Pinson (Antoine-Philippe), Laboratoire d'essais de la *Compagnie française Thomson-Houston*, 3, rue de la Paix, au Perreux (Seine). — Présenté par MM. Fieschi et Piroelle.

Planchon (Henri-Joseph), Ingénieur en chef à la *Société de Matériel téléphonique G. Aboilard et Cie*, 10, villa Jeanne-d'Arc, à Bourg-la-Reine (Seine). — Présenté par MM. Devaux-Charbonnel et André.

Prestat (Georges-Louis-Victor), Ingénieur électricien à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 17, rue d'Arcole, à Paris. — Présenté par MM. Picot et Wattelet.

Ces candidats sont élus membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de MM. *J. Siegfried* et *A. de Paiva* et en exprime les regrets de la Société; il ajoute :

M. le PRÉSIDENT. — « Je suis convaincu d'être l'interprète fidèle des membres de notre Société en exprimant la douloureuse émotion que nous a causée la perte du *Pluviôse*.

» En rendant hommage aux victimes de cette catastrophe, nous tenons à donner l'assurance de notre vive sympathie à leurs familles si cruellement éprouvées, et tout particulièrement à celle de notre ancien Président M. Harlé, qui a été bien durement frappée en la personne de l'Enseigne de vaisseau Engel.

» La fréquentation des hommes courageux qui arment nos sous-

marins me permet d'affirmer que ce tragique événement n'éveillera en eux aucun sentiment de crainte.

» Pour la navigation sous-marine, comme pour sa jeune sœur la navigation aérienne, il ne manquera jamais en France de cœurs valeureux. » (*Applaudissements.*)

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

**QUELQUES EXPÉRIENCES SUR LES EFFETS DESTRUCTIFS
DES DÉCHARGES OSCILLANTES DE GRANDE FRÉQUENCE.**

M. COURTOIS. — « M. André Léauté (1) a réalisé des expériences intéressantes sur les effets destructifs des décharges oscillantes de grande fréquence, et comme, dans le cours de ces expériences, je l'ai aidé de quelques avis, je crois utile de vous présenter ces essais, pensant qu'ils sont de nature à donner l'explication de certains phénomènes assez obscurs jusqu'ici.

» Le point de départ est une expérience de M. Violle, dans laquelle on faisait passer la décharge d'une bobine Ruhmkorff à travers un fil très fin, tendu au-dessus d'une plaque de verre. Dans ces conditions, la volatilisation du fil produit sur la plaque de verre une trace affectant la disposition suivante : une fine raie centrale le long de laquelle le verre est corrodé marque la place qu'occupait le fil; de part et d'autre de cette ligne, et perpendiculairement à elle, le métal est déposé sous forme de stries nombreuses, très déliées et régulièrement espacées.

» Partant de là, M. A. Léauté a cherché à rendre visible, par un procédé analogue, l'effet destructif des décharges oscillatoires de grande fréquence.

» Dans ce but, il a substitué, à la bobine de Ruhmkorff qu'employait M. Violle, un dispositif capable de produire des oscillations rapides, et il a relié les deux extrémités du fil fin, dont on provoque la volatilisation, aux deux armatures d'un condensateur C. Le circuit de décharge, qui d'ailleurs doit être aussi court que possible, comprenait, en outre du fil fin f , un éclateur E et une petite self-induction L, qu'on pouvait faire varier à volonté. La capacité du condensateur C et la distance explosive de l'éclateur E étaient également réglables.

» La figure ci-après montre le schéma du dispositif employé.

» Pour obtenir des résultats comparables, il était nécessaire de

(1) A. LÉAUTÉ, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLIX, 1909, p. 849

s'assurer avec un soin minutieux que l'étincelle passait toujours dans les mêmes conditions entre les boules de l'éclateur E. Pour cela, après chaque expérience, au moyen d'un ventilateur on

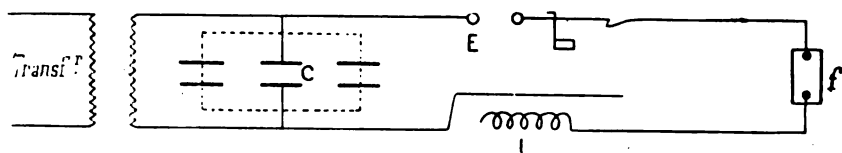


Fig. 1.

renouvelait l'air entre les électrodes, dont il fallait d'ailleurs nettoyer très fréquemment la surface. L'air devait être sec et la température constante; de plus, pour faire passer l'étincelle, il importait d'augmenter lentement le courant dans le primaire du transformateur ou de l'inducteur, au moyen desquels on chargeait le condensateur C.

» Lorsqu'on avait atteint la valeur pour laquelle l'étincelle s'était produite dans la précédente expérience, on cessait de faire croître le courant et l'étincelle se produisait avec un retard variable, qui parfois dépassait une minute.

» Nous vous présentons ci-après les reproductions photographiques des traces laissées par quelques-unes des volatilisations obtenues par les décharges.

» En regard de chacune d'elles, nous avons indiqué les conditions de l'essai.

» Nous avons constaté ainsi :

» 1° Que la trace produite sur le verre était d'autant plus large que l'énergie de la décharge était plus grande;

» 2° Que des variations, même faibles, dans la self-induction du circuit de décharge modifiaient profondément l'allure du phénomène.

» C'est ainsi qu'en opérant avec une capacité de $\frac{2}{100}$ à $\frac{3}{100}$ de microfarad, un potentiel explosif de 20000 à 25000 volts et un fil de laiton de $\frac{6}{100}$ de millimètre de diamètre, on diminue notablement la largeur de la trace en intercalant dans le circuit une self-induction de 2 microhenrys, et on la supprime complètement lorsque la valeur de la self-induction est de 100 microhenrys.

» Suivant nous, ces expériences montrent que, dans les condi-

tions de l'essai c'est une véritable explosion du fil qui se produit. Les particules de métal, vaporisées et violemment projetées de part et d'autre de la ligne centrale, donnent naissance, en se condensant ensuite de nouveau, aux fines stries qu'on observe sur la plaque.

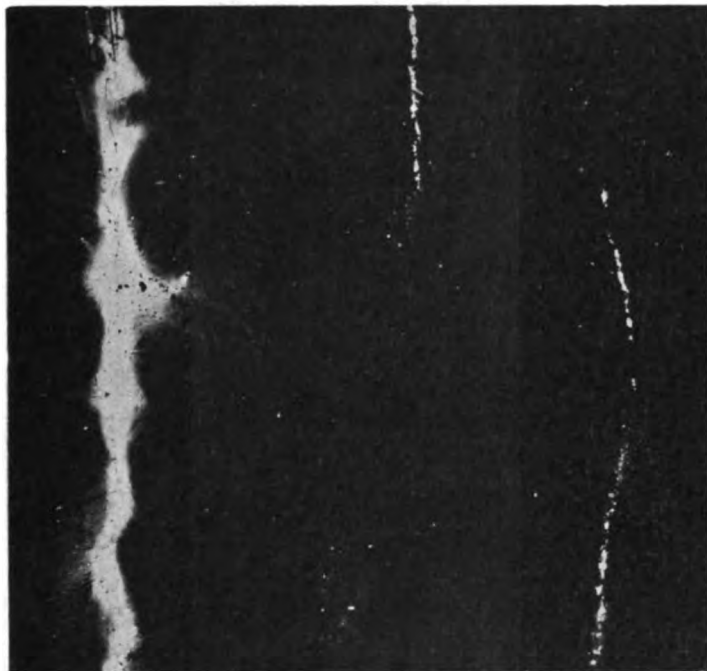


Fig. 2.

continu
500°.

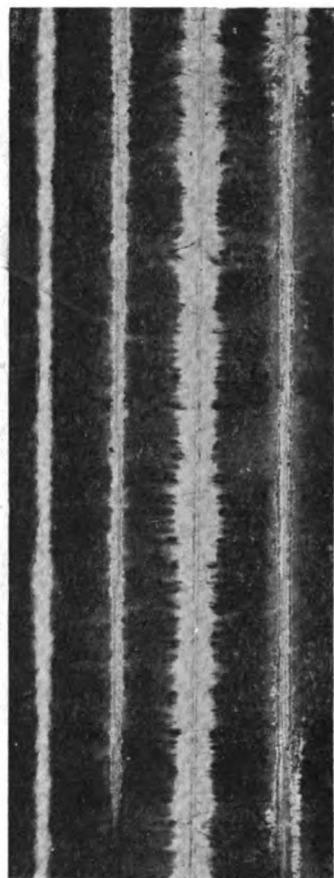
alternatif
5500° : $f = 45$.

alternatif
7000° : $f = 45$.

» Quel est exactement le mécanisme du phénomène? Nous croyons qu'on peut l'expliquer ainsi :

» Si l'on suppose l'air ambiant à une température constante, même dans le voisinage du fil (cette hypothèse ne change pas qualitativement nos déductions; elle peut simplement modifier l'ordre de grandeur des effets constatés, rapportés aux *causes* qui les produisent), les molécules du métal constituant le fusible, au moment de la décharge, atteignent, dans un temps très court, une température très élevée et sont volatilisées. Si nous raisonnons sur une molécule métallique appartenant à la surface extérieure du fil, nous pouvons dire que cette molécule devenue gazeuse est solli-

citée à se déplacer par une force proportionnelle à la différence de deux pressions : sa tension de vapeur et la pression du milieu ambiant. Or, on peut admettre que la pression de l'air, sous les



II.

I.

Fig. 3.

I. $L = 0$ spiro.

II. $L = 5$ spires.

réserves qui ont été déjà formulées pour sa température, reste sensiblement constante dans le cas de notre fusible éclatant à l'air libre. Il s'ensuit que la force de déplacement croît avec la tension de vapeur et, par suite, avec la température propre de la molécule gazeuse; donc, plus cette température sera élevée, et nous allons dire quel est le facteur important qui intervient pour faire croître cette température, plus la molécule tend à se déplacer, plus elle est

projetée loin de l'axe du fusible. Les molécules métalliques vaporisées se condensent ensuite et se déposent sur la plaque de verre support. La trace laissée est d'autant plus épaisse que les molécules gazeuses ont été projetées plus loin de l'axe, que la température a été plus élevée, que l'explosion a été plus forte.

» Il nous semble donc que le phénomène ainsi envisagé confirme

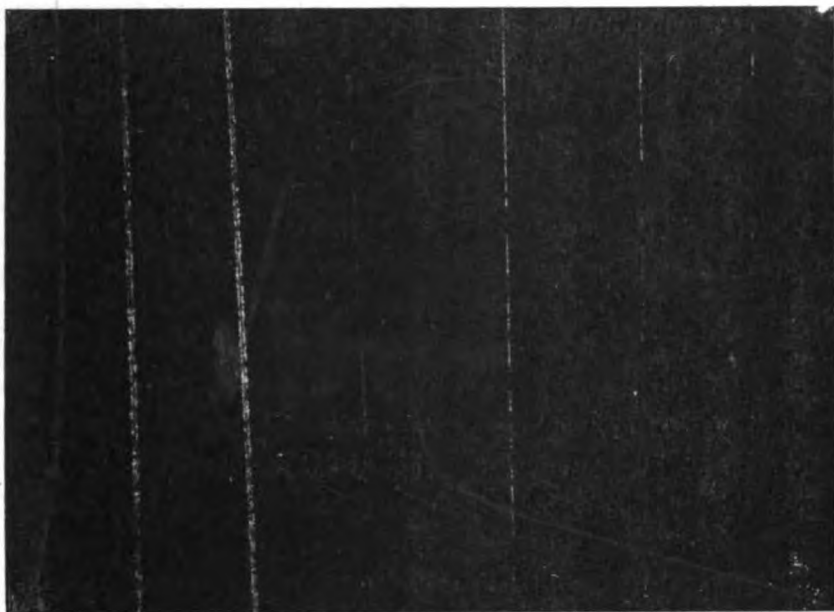


Fig. 4.

(1) (2)
L = 0 spire. L = 1 spire.

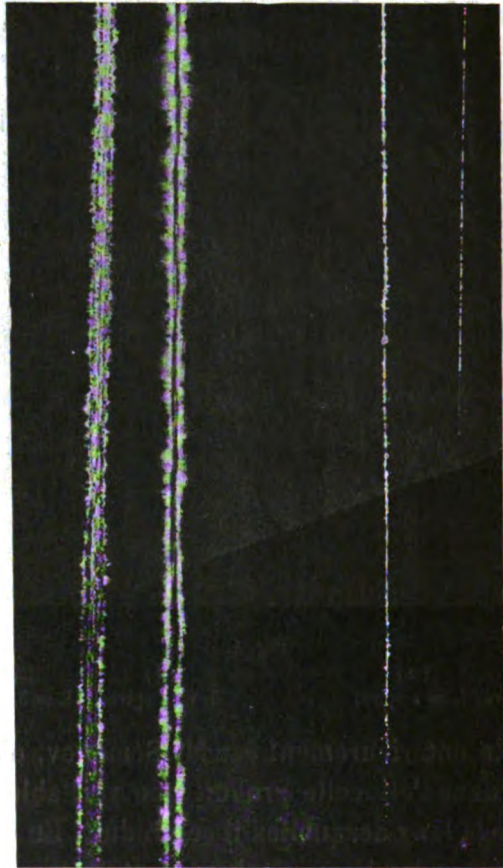
(3) (4)
L = 4 spires. L = 3 spires.

l'hypothèse faite antérieurement par M. Sémenov, d'après laquelle le trait de feu dans l'étincelle produit une véritable explosion des molécules d'air le long desquelles il se produit. En effet, le trait de feu paraît correspondre à une décharge extrêmement rapide, sous l'action de laquelle les molécules d'air placées entre les électrodes doivent se comporter comme le fil fin dans les expériences ci-dessus.

» D'autre part, il résulte nettement de cette étude que les décharges très brusques peuvent produire des effets destructifs considérables, alors même que leur énergie est faible, et cette remarque explique bien pourquoi il est si difficile de protéger contre la foudre les lignes électriques aériennes avec une entière sécurité.

» Enfin, ces expériences permettent de poser la question de savoir si, lorsqu'on diminue la self-induction du circuit de décharge, l'augmentation que l'on constate dans la violence de l'explosion est due à ce que la période d'oscillation du courant a diminué ou à ce que l'intensité maximum a crû.

» L'étude mathématique de l'échauffement d'un conducteur par-



I. II. III.

Fig. 5.

I. $L = 5$ spires. II. $L = 10$ spires. III. $L = 15$ spires.

couru par une décharge oscillatoire très rapide permet de répondre.

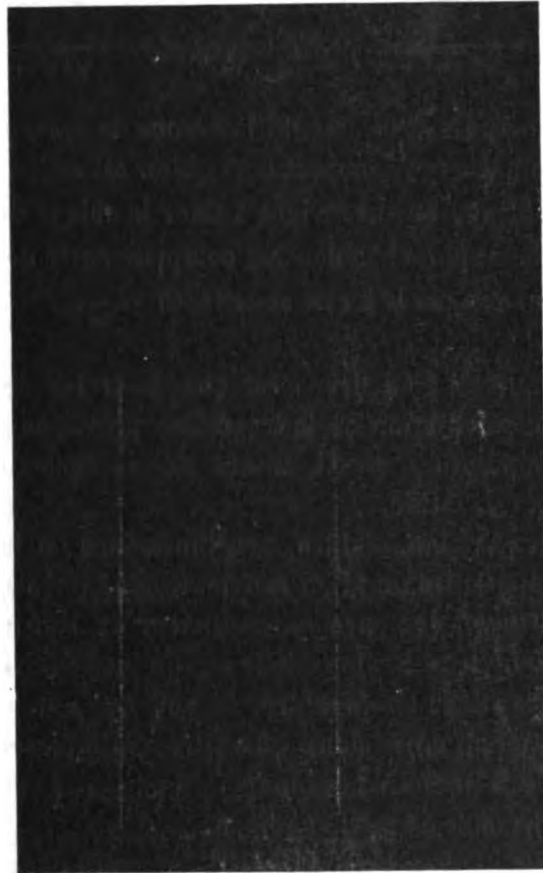
» Sans vouloir donner ici le calcul dans tous ses détails, il nous suffit d'indiquer, d'après M. André Léauté ⁽¹⁾, comment on peut l'établir.

⁽¹⁾ A. LÉAUTÉ, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXLIX, p. 1064.

» Si l'on admet que les échanges de chaleur entre le conducteur et l'atmosphère se font d'après la loi de Newton et que le fil est parcouru par un courant dont la loi de variation soit

$$i = i_0 e^{-\delta t} \sin \omega t,$$

l'équation qui donne, en fonction du temps, l'excès de la tempéra-



I.

II.

Fig. 6.

I. $L = 0$ spire.

II. $L = 2$ spires.

ture du fil sur le milieu ambiant est

$$(1) \quad C \frac{d\theta}{dt} + K\theta = Ri_0^2 e^{-\delta t} \sin^2 \omega t,$$

où C , K , R sont des constantes.

» Si l'on pose

$$\beta = \frac{K}{C} - 2\delta, \quad \left| \sin \varphi = \frac{\beta}{\sqrt{4\omega^2 + \beta^2}} \right|, \quad \cos \varphi = \frac{2\omega}{\sqrt{4\omega^2 + \beta^2}},$$

la solution générale de l'équation (1) prend la forme

$$\theta = \frac{Ri_0^2}{C} \left\{ \frac{1}{2\beta} \left(e^{-\beta t} - e^{-\frac{K}{C}t} \right) + \frac{1}{2\sqrt{4\omega^2 + \beta^2}} \left[e^{-\beta t} \sin(2\omega t + \varphi) - \frac{\beta}{\sqrt{4\omega^2 + \beta^2}} e^{-\frac{K}{C}t} \right] \right\}.$$

» 1° Si l'on étudie séparément l'influence de la fréquence;

» Si l'on suppose i et δ constants et qu'on ait étalonné le fusible en courant continu, ce qui revient à fixer la valeur de $\frac{K}{C}$, on peut voir que la valeur approchée de θ est comprise entre deux quantités qui ne diffèrent que par le terme soustractif $-\frac{1}{\omega} e^{-\beta t}$, et dont l'une est fixe.

» La conséquence à en tirer c'est que, pour les décharges très rapides, une augmentation de la fréquence provoque une diminution de la température du fil, toutes choses égales et que cette diminution est très faible.

» 2° Si l'on examine, d'autre part, l'influence de la self-induction sur la température du fil, il convient, dans la relation définissant i , de mettre en évidence ce coefficient de self-induction. En introduisant cette même valeur de la self-induction dans l'équation donnant la valeur de la température, on voit que le maximum de la fonction est compris entre deux quantités qui croissent lorsque le coefficient de self-induction diminue.

» En interprétant, on peut conclure :

» Lorsque le fil fin d'un appareil du genre coupe-circuit ou fusible convenablement réglé est parcouru par une décharge de condensateurs, l'augmentation que l'on constate dans la violence de l'explosion, quand on diminue la self-induction, est due à l'accroissement simultané de l'amortissement et de l'amplitude du courant; la fréquence tend à produire un effet inverse.

» Nous ne voudrions pas tirer de ces essais des conclusions osées, cependant nous pouvons dire ceci :

» Nous avons constaté assez souvent que des coupe-circuits placés sur des distributions à haute tension se comportaient de façons différentes suivant les circonstances.

» C'est ainsi qu'un fusible étalonné pour fondre à X ampères, placé au départ d'un feeder par exemple, dans certaines circonstances, fusait normalement; dans d'autres, il fusait avec rupture violente de la poignée porcelaine et projection des éclats.

» Un même fusible étalonné pour couper le circuit à X ampères, lorsqu'on charge brusquement le circuit, peut fondre très au-dessous de la valeur X prévue.

» Les fusibles de protection d'entrée de lignes dans un bureau central téléphonique sautent quelquefois, sans que les appareils eux-mêmes aient souffert, sans qu'il y ait eu un orage à proximité, sans que les parafoudres placés sur les mêmes lignes aient fonctionné.

» La quantité d'énergie mise en jeu a été manifestement très faible et le fonctionnement des fusibles ne s'explique que par le caractère extrêmement brusque de la décharge.

» En résumé, l'intérêt des expériences que je viens de vous décrire et du calcul que j'ai brièvement esquissé plus haut est de montrer qu'il faut considérer, lorsqu'on recherche les causes d'éclatement d'un fusible, non pas tant la quantité d'énergie de la décharge que le maximum instantané de son intensité.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Courtois pour cette très intéressante Communication dont il a montré, en terminant, toute la portée pratique.

LA COMMUTATION.

M. Marius LATOUR. — « Messieurs, je vous rappelle que, dans la dernière Communication, considérant le cas où les balais ne livrent passage à aucun courant extérieur, nous nous sommes essentiellement inquiétés de la densité $\delta_{a,T}$ à l'arête a , à l'instant T , instant où le balai quitte une lame. On supposait que les sections en court-circuit sous les balais étaient simplement le siège d'une certaine f. e. m. donnant lieu à un courant de court-circuit. Nous avons été ainsi amenés à considérer l'inégalité $\frac{\partial_{a,T}}{v\Delta_1} > \frac{\Delta}{\Delta_1}$ pour déterminer si $\delta_{a,T}$ était fini ou infini.

» Il convient de rappeler que j'ai établi mes raisonnements en supposant que $\partial_{a,T}$ pouvait avoir une *signification précise indépendante des densités efficaces et instantanées*. En réalité, ainsi que je l'ai rappelé au début de mon étude, ceci n'est pas exact. Nous serions donc bien embarrassés pour donner un sens numérique à l'inégalité considérée. Mais nous devons cependant retenir de nos considérations antérieures que, une certaine nature de balais étant donnée, la possibilité d'obtenir $\delta_{a,T}$ infini se présente certainement, dès que $zv\frac{\Delta}{\Delta_1}$ atteint une valeur exagérée et qu'on n'est pratiquement garanti contre une densité $\delta_{a,T}$ infinie que par l'obliquité des balais et par des effets de capacité.

» Si l'on juge de la tenue des balais, comme beaucoup d'auteurs semblent vouloir le faire, par $\delta_{a,T}$ seulement, une valeur infinie pour $\delta_{a,T}$ conduit nécessairement à un régime inadmissible, car on peut démontrer qu'une valeur infinie pour $\delta_{a,T}$ s'accompagne d'une valeur infinie pour la valeur efficace de δ_a , soit pour

$$\partial_{a_{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \partial_a^2 dt}.$$

» Or, il ne saurait y avoir d'accommodement avec un $\partial_{a_{eff}}$ infini.

» Ceci serait exact si petite que fût la f. e. m. e . C'est bien ce que la plupart des auteurs semblent croire.

» Mais, en fait, un petit instant avant la rupture, pour un temps

égal à $\frac{1}{10}$ de T par exemple, la densité δ_a n'est pas encore exagérée si la valeur de e est faible.

» On le vérifiera aisément en se reportant au cas où, dans l'équation classique du courant de court-circuit, $\frac{R_1 T}{L + M} = \frac{1}{2}$ et pour lequel, à l'instant $t = 0,9 T$, la différence de potentiel v_1 entre le balai et la lame qui quitte le balai est

$$v_1 = 1,5 \dots e.$$

» Or, à partir de ce moment, le non-parallélisme de l'arête a et du bord et de la lame, ainsi que l'usure du balai suivant l'arête (laquelle donne lieu à une surface d'appui irrégulière et à une pression moindre) interviennent pour nous garantir contre une densité $\delta_{a,r}$ infinie. Aussi la densité efficace $\delta_{a,eff}$ pourra-t-elle pour de petites valeurs de e être parfaitement admissible.

» Ceci revient à dire que, même lorsqu'une valeur critique de $zv \frac{\Delta}{\Delta_1}$ est atteinte, il faut encore admettre une certaine valeur minimum pour e avant que la tenue des balais puisse être jugée inadmissible par suite d'une densité $\delta_{a,eff}$ trop grande. Le terme à considérer serait donc

$$e. z. v. \frac{\Delta}{\Delta_1}.$$

» C'est ce terme qui ne devrait pas excéder une certaine valeur pour une qualité des balais donnée. Pour tenir compte du fait que le balai peut être supposé couvrir plusieurs lames, on pourra admettre que e représente la f. e. m. induite dans toute la fraction du bobinage d'induit compris entre les bords extrêmes du balai.

» Enfin, dans le cas où, par suite de la petitesse du terme $zv \frac{\Delta}{\Delta_1}$, on est conduit, en tout cas, à une densité finie, il ne faudrait pas croire que la tenue des balais sera toujours admissible. La densité efficace à l'arête a pourra être à nouveau excessive si e est trop grand. C'est dire qu'on sera amené encore à considérer le terme

$$e. z. v. \frac{\Delta}{\Delta_1}.$$

» La conclusion de ces observations, c'est qu'aucune valeur cri-

tique de $z\nu \frac{\Delta}{\Delta_1}$ ne délimite, à elle seule, deux manières radicalement différentes que les balais auraient de se comporter.

» Tout ce qu'on peut dire n'a qu'une valeur qualitative et peut se résumer en ces quelques mots : La tenue des balais, jugée du point de vue de la densité à l'arête α , sera d'autant plus admissible que tous les facteurs du produit $ez\nu \frac{\Delta}{\Delta_1}$ seront individuellement plus petits.

» J'indiquerai plus loin les essais qui pourraient être entrepris pour obtenir des renseignements quantitatifs.

» On peut chercher à juger la commutation d'un autre point de vue. On peut se demander quelle est la quantité totale d'énergie dissipée sous le balai. Si l'on suppose e constant, ceci revient à déterminer la valeur moyenne du courant de court-circuit. J'ai considéré les valeurs moyennes du courant de court-circuit, avec e supposé constant, pour $\frac{R_1 T}{L + M} = \frac{\rho}{z\nu(L + M)}$ successivement égal à $\frac{1}{2}$, 1, 2.

» Ces valeurs moyennes de i sont successivement

$$i_m = 0,116 \dots \frac{e}{R_1},$$

$$i_m = 0,143 \dots \frac{e}{R_1},$$

$$i_m = 0,146 \dots \frac{e}{R_1}.$$

» On voit que, pour e et R_1 invariables, la valeur moyenne du courant augmente lorsqu'on envisage une valeur plus grande pour le rapport

$$\frac{R_1 T}{L + M} = \frac{\rho}{z\nu(L + M)}.$$

Le cas où

$$\frac{R_1 T}{L + M} = \infty$$

se traite très facilement. On trouve alors

$$i_m = 0,166 \dots \frac{e}{R_1}.$$

» Cette considération va nous aider à comprendre l'expérience suivante :

» Soit un induit à collecteur R disposé dans un champ feuilleté (*fig. 1*). Excitons le champ séparément par du courant alter-

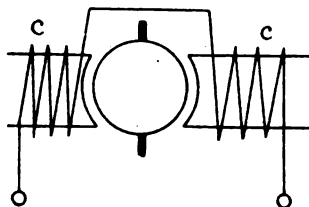


Fig. 1.

natif introduit dans le circuit d'excitation C. Entraînons l'induit par un moteur auxiliaire. Si aucun balai ne repose sur le collecteur, un wattmètre disposé sur le circuit C mesurera l'énergie dissipée par courants de Foucault, hystérésis, etc., qu'on peut supposer prélevée sur le circuit C considéré comme le circuit primaire d'un transformateur. Si nous posons un balai sur le collecteur, il y aura aussitôt des pertes supplémentaires par courant de court-circuit sur le balai qui seront indiquées par le wattmètre.

» On vérifie alors que, l'excitation restant constante, ces pertes diminuent avec la vitesse propre du rotor (¹), à mesure par conséquent que le rapport $\frac{R_1 T}{L + M}$ diminue. La commutation cependant reste défectueuse. La quantité totale d'énergie dissipée sous les balais, quoique diminuant avec la vitesse, se dégage en effet de plus en plus à l'arête α dans sa presque totalité.

» On conçoit les services que pourrait rendre ce dispositif expérimental pour l'étude quantitative des facteurs qui interviennent dans la commutation

$$e, \quad z, \quad v, \quad \frac{\Delta}{\Delta_1}.$$

» Je me réserve d'en publier ultérieurement les résultats expérimentaux obtenus.

» Les connexions résistantes diminuent la valeur moyenne du courant de court-circuit. C'est là l'explication très simple de l'effi-

(¹) Voir l'étude publiée dans l'*Éclairage électrique* du 29 avril 1905, p. 126, lignes 12 et suivantes.

cacité réelle des connexions résistantes dans certains cas. Cette efficacité n'a pas été théoriquement reconnue par les auteurs qui ne jugent de la tenue des balais que par la valeur de $\delta_{a,T}$. On démontre, en effet, que la valeur de $\delta_{a,T}$ (voir les égalités 2 et 3 de notre dernière Communication) est indépendante de la valeur de la résistante constante r du court-circuit. Mais il n'en est pas de même de la densité *efficace* à l'arête, qui est, au contraire, certainement affectée par la présence de connexions résistantes, ainsi d'ailleurs que la quantité totale d'énergie libérée sous le balai.

» J'ai déjà étudié en détail l'influence des connexions résistantes (voir l'*Éclairage électrique* du 20 octobre 1906, p. 106). Désignons par β le rapport entre la résistance de la totalité des jonctions reliant l'enroulement au balai (c'est-à-dire la résistance r d'une jonction quand le balai couvre une lame, la résistance $\frac{r}{2}$ de deux jonctions en parallèle quand le balai couvre deux lames, la résistance $\frac{r}{3}$ de trois jonctions quand le balai couvre trois lames, etc.) et la résistance R_1 du contact entre le balai et le collecteur.

» En désignant par e la tension *totale* de court-circuit de la fraction d'enroulement mise en court-circuit par le balai, l'énergie dégagée sous le balai par seconde et par mètre carré de surface de contact peut être mise sous la forme

$$\frac{e^2}{\rho} f(\beta),$$

$f(\beta)$ étant différent suivant qu'il y a une, deux ou trois lames sous le balai.

» Les courbes de la figure 2 représentent les valeurs de $f(\beta)$ lorsque β varie de 0 à 5. Les courbes I, II, III, IV se rapportent aux cas où le balai couvre successivement une lame, deux lames, trois lames, un nombre infini de lames.

» On a supposé pour établir ces courbes que le produit $ze \frac{\Delta}{\Delta_1}$ était négligeable par rapport à ρ .

» On voit comment les connexions résistantes diminuent considérablement, dans ce cas, la quantité de chaleur totale dégagée sous le balai. Ceci reste encore vrai quand $e \frac{\Delta}{\Delta_1}$ est pris en considération.

» On peut chercher à établir plus particulièrement la quantité

d'énergie dégagée par seconde et par mètre carré de surface de contact à l'arête des balais.

» Cette énergie peut encore se mettre sous la forme

$$\frac{e^2}{\rho} f(\beta),$$

$f(\beta)$ ayant des valeurs différentes suivant que le balai couvre une, deux, trois lames, ou un nombre infini de lames.

» Dans la figure 3, on a représenté par les courbes I, II, III, IV

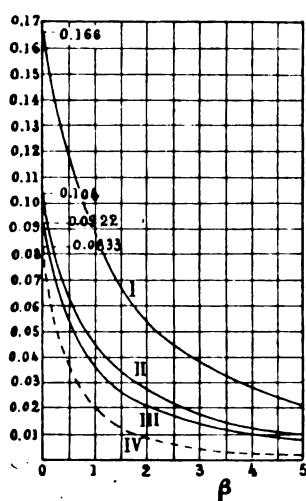


Fig. 2.

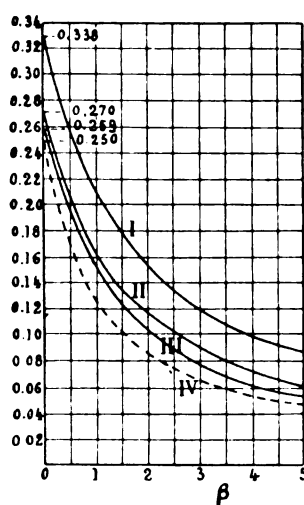


Fig. 3.

les valeurs de $f(\beta)$ correspondant à ces quatre cas successifs. On a établi ces courbes en supposant toujours le produit $z \nu \frac{\Delta}{\Delta_1}$ négligeable par rapport à ρ .

» On voit que les connexions résistantes réduisent beaucoup moins la quantité de chaleur dégagée à l'arête que la quantité de chaleur totale dégagée sous le balai. Cependant elles réduisent encore l'échauffement à l'arête dans une notable proportion.

» Ainsi se trouve justifiée l'action des connexions résistantes sur la tenue des balais lorsque e a une valeur dangereuse.

DEUXIÈME PARTIE.

» Nous allons aborder maintenant la deuxième Partie de notre étude. Nous supposons que l'induit reçoit ou débite un courant extérieur I , et nous supposons d'abord qu'il s'agit d'un appareil à courant continu.

» On appelle *commutation parfaite* la commutation qui correspond à une densité de courant uniforme sous le balai pendant toute la durée du court-circuit d'une section, quel que soit d'ailleurs le nombre de lames couvert par le balai. C'est le fonctionnement idéal du frotteur sur la bague. J'ai, parmi beaucoup d'autres auteurs, attiré l'attention sur ce régime remarquable (1).

» Pour établir, en fait, cette commutation parfaite, il faut faire agir dans la section en court-circuit une certaine f. e. m. de renversement que nous désignerons par E_p .

» En réalité, on disposera dans la pratique d'une f. e. m. de renversement E différente de E_p . Je désignerai par e la différence $e = E - E_p$ (e , E , E_p doivent en toute généralité être supposés variables de 0 à T). Nous serons toujours en droit d'imaginer qu'un régime quelconque de commutation correspond à un régime de commutation parfaite, dû à une f. e. m. fictive E_p , auquel vient se superposer un régime déjà étudié correspondant au courant de court-circuit engendré par la f. e. m. fictive $e = E - E_p$. La commutation parfaite ne donnant, par elle-même, lieu à aucun trouble spécial, toute notre étude se ramène donc, dès à présent, à la détermination de la différence $e = E - E_p$ et par conséquent à la détermination individuelle de E_p et de E .

» *Détermination de E_p .* — Si l'on considère le cas d'un balai rectangulaire ne couvrant qu'une lame, il est facile de se rendre compte qu'une commutation parfaite suppose une variation linéaire du courant, c'est-à-dire que le courant dans la section en court-circuit passe de $-\frac{I}{2}$ à $+\frac{I}{2}$ en variant suivant la loi :

$$i = I \frac{t}{T} - \frac{I}{2}.$$

(1) Voir *Sur les propriétés des anneaux à collecteur* (*L'Éclairage électrique* du 23 novembre 1901).

» En désignant par r la résistance constante du court-circuit, on trouve alors

$$E_p = \frac{(L + M)I}{T} + \left(I \frac{t}{T} - \frac{I}{2} \right) r.$$

» L et M ont les significations déjà données. Si l'on néglige r il vient $E_p = \frac{(L + M)I}{T}$.

» En toute rigueur, on doit supposer que le balai a une section de forme quelconque, c'est-à-dire que sa largeur z le long de l'arc d'appui sur le collecteur est variable.

» Dans cette hypothèse générale, ε désignant la base des logarithmes naturels, on peut démontrer que E_p satisfait toujours et nécessairement à la condition

$$\frac{1}{T} \int_0^T E_p \varepsilon^{\frac{r}{L+M}t} dt = \frac{(L + M)I}{T} \frac{1}{2} \left[1 + \varepsilon^{\frac{rT}{L+M}} \right].$$

» De cette condition il résulte que toutes les courbes en E_p établies de 0 à T et correspondant à des formes de section différentes et quelconques des balais se coupent toutes deux à deux.

» Si le rapport $\frac{rT}{L+M}$ est négligeable, on trouve d'ailleurs toujours

$$\frac{1}{T} \int_0^T E_p dt = \frac{(L + M)I}{T}.$$

» Ainsi donc, la valeur moyenne de E_p a, dans ce cas, une signification indépendante de la forme de la section des balais.

» Si l'on donne à r une valeur notable, les conditions changent en ce sens qu'on peut démontrer que la valeur moyenne de E_p peut devenir aussi grande qu'on le veut en augmentant r (connexions résistantes) et *en disposant en même temps d'une forme appropriée pour la section des balais.*

» Mais si l'on cherche à faire varier r de façon à découvrir un minimum pour la valeur moyenne de E_p , on trouve que le mieux qu'on puisse faire est de ramener E_p à une valeur constante égale à $0,982... \frac{(L + M)I}{T}$, et ceci en faisant

$$\frac{rT}{L + M} = 0,132...$$

» Ainsi donc même l'emploi de connexions ayant une résistance appropriée (combiné avec une section convenable des balais) ne

permettrait pas de diminuer d'une façon appréciable la valeur

$$E_p = \frac{(L + M)}{T} I.$$

» Il en résulte que le minimum de E_p a une signification très précise et que la valeur

$$E_p = \frac{(L + M) I}{T}$$

est bien une valeur remarquable.

» On peut imaginer enfin que le balai couvre plusieurs lames.

» En désignant par L la self-induction des fractions d'enroulement en court-circuit sous chaque balai, par M le coefficient d'induction mutuelle des deux fractions d'enroulement en court-circuit sous les balais de polarité opposée, par T la durée du passage d'une lame sous le balai, on trouve toujours, pour la valeur de la f. e. m. totale qui doit être développée dans chaque fraction d'enroulement en court-circuit en vue de la commutation parfaite :

$$E_p = \frac{(L + M) I}{T}.$$

» Le sectionnement est donc lui-même impuissant à faire varier l'expression remarquable de E_p :

$$E_p = \frac{(L + M) I}{T}.$$

» Considérons un induit à collecteur disposé, sous un entrefer uniforme, dans un stator ordinaire de machine d'induction comportant des encoches régulièrement espacées.

» La circulation d'un courant I dans l'induit crée un flux suivant une direction moyenne correspondant au diamètre d'introduction du courant dans l'induit. On peut imaginer que ce flux reste fixe dans l'espace malgré la rotation de l'induit et qu'une certaine f. e. m. est induite, de ce fait, dans les sections en court-circuit qui se déplacent sous ce flux. *Dans l'hypothèse où les balais ont au moins la largeur d'une lame, ce qu'on doit admettre pour que le flux de l'induit puisse être considéré comme fixe dans l'espace, on peut démontrer, en toute rigueur, que la f. e. m. due à la rotation sera égale à la valeur remarquable* $\frac{(L + M) I}{T}$.

» Considérons deux sections successives (voir fig. 4), que pour

plus de simplicité nous supposerons ne contenir chacune qu'une spire

$$abcdef \text{ et } a'b'c'd'e'f'.$$

» Le contour brisé $abcdef$ se rapporte à l'axe géométrique des conducteurs matériels situés à une certaine profondeur dans les encoches. Si l'on désigne par φ_1 la valeur moyenne du champ magnétique engendré par toutes les sections de l'induit à l'intérieur de la figure $abcd d'c'b'a'$ (située sur une surface cylindrique qui passe à une certaine profondeur dans les encoches), par ΔS la surface $abcd d'c'b'a'$, par T le temps que met le conducteur $abcd$ à prendre la position $a'b'c'd'$, la f. e. m. induite dans $abcd$, par la rotation sous le flux de l'induit, est

$$\frac{\varphi_1 \Delta S}{T}.$$

» En désignant par φ_2 la valeur moyenne du champ à l'intérieur de la figure $defa'a''f'e'd'$ et en prenant comme sens positif

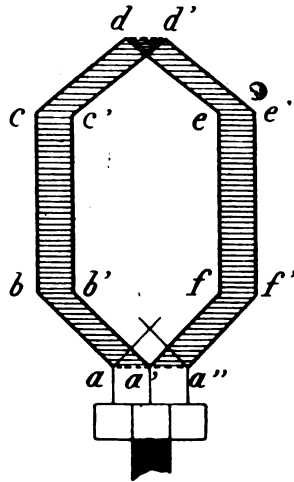


Fig. 4.

le sens opposé à celui pris pour φ_1 , on trouvera de même que la f. e. m. induite dans $defa'$ par la rotation sera

$$\frac{\varphi_2 \Delta S}{T}.$$

» La f. e. m. totale sera donc

$$\frac{(\varphi_1 + \varphi_2) \Delta S}{T}.$$

» Nous devons donc avoir, conformément à ce que nous avons énoncé plus haut :

$$\frac{(\varphi_1 + \varphi_2)}{2} \Delta S = \frac{(L + M)I}{T},$$

soit

$$(\varphi_1 + \varphi_2) \Delta S = (L + M)I.$$

» Si nous désignons par φ la moyenne arithmétique $\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$, on a donc

$$2\varphi \Delta S = (L + M)I,$$

$$\varphi = \frac{(L + M)}{2} \frac{I}{\Delta S}.$$

» Cette égalité montre que ce que nous avons dit plus haut suppose qu'il y a une relation entre la valeur moyenne du champ magnétique produit par l'induit dans l'intervalle compris entre deux sections, dans la région où s'opère la commutation, et le coefficient $\frac{L + M}{2}$.

» La moyenne $\varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$ se retrouve très sensiblement, en fait, tant dans la région $bc'b'c'$ que dans la région $efe'f'$, sur une surface cylindrique qui passe à mi-profondeur des encoches (entre la couche supérieure et la couche inférieure des conducteurs) et que j'ai appelée *périphérie magnétique* de l'induit (1).

» Pour mettre directement en évidence la corrélation qu'il y a nécessairement entre la valeur du champ magnétique moyen φ défini plus haut et le terme $(L + M)I$, considérons les figures 5 et 6. Sur la figure 5 on a représenté une seule section 1 — 1 disposée sur un anneau magnétique. Sur la figure 6 un ensemble de n sections régulièrement espacées sous un intervalle ΔS entre elles.

» Le sens différent de circulation du courant d'arrière en avant et d'avant en arrière de la figure est signalé par des sections de conducteurs ombrées ou non.

» Si dans la figure 5 on divise la demi-circonférence acb en n divisions égales, n° 1, n° 2, ..., n° n , de surface ΔS , et si l'on désigne par ψ les valeurs moyennes successives du champ dans chaque division successive de la demi-circonférence acb , on a, par définition, en

(1) Voir *Lumière électrique* du 7 janvier 1907.

désignant par I le courant qui circule dans la section 1 — 1,

$$LI = \Sigma \psi \Delta S = \Delta S \Sigma \psi.$$

» Or, dans le cas de la figure 6, on voit immédiatement que le

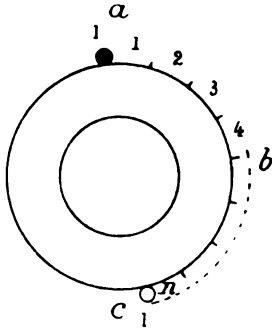


Fig. 5.

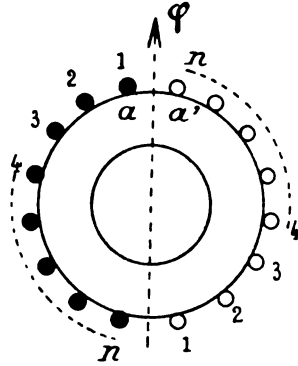


Fig. 6.

champ moyen φ dans la division $a a'$, lorsque toutes les sections sont traversées par le courant I , est bien

$$\varphi = \Sigma \psi.$$

En effet, la division $a a'$ correspond successivement à la division n° 1 pour la section 1, à la division n° 2 pour la section 2, ..., à la

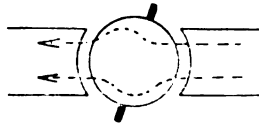


Fig. 7.

division n° n pour la section n , et toutes les valeurs successives de ψ dans le cas de la figure 5 viennent se totaliser dans l'intervalle $a a'$ de la figure 6.

» On a donc

$$LI = \varphi \Delta S.$$

Si nous avons deux couches de conducteurs avec un courant $\frac{I}{2}$, comme c'est le cas dans les induits à collecteur, nous démontrerions de même

$$\frac{(L + M)}{2} I = \varphi \Delta S.$$

» On peut, d'ailleurs, d'une façon générale, raisonner de la façon suivante :

» La section S_1 qui entre en court-circuit est traversée par un flux $(L + M) \frac{I}{2}$; la section S_2 qui rompt son court-circuit au même instant est traversée par le même flux changé de signe. La variation de flux que subira la section S_1 en se substituant à la section S_2 sera donc nécessairement $(L + M) I$. Or cette variation de flux doit être nécessairement égale à $2 \varphi \Delta S$. On a donc

$$\varphi \Delta S = \frac{L + M}{2} I.$$

» Par le choix fait de la surface cylindrique sur laquelle on doit mesurer φ (périphérie magnétique), il faut noter que φ tient compte des lignes de force qui entourent chaque conducteur dans le voisinage immédiat de son axe, lignes de force qu'on a quelquefois l'habitude de considérer comme des fuites.

» *Détermination de E.* — Quoi qu'il en soit de nos considérations sur la signification de $(L + M) I$ dans le cas où l'induit est disposé dans un stator comportant des encoches régulièrement espacées, la f. e. m. nécessaire pour obtenir la commutation parfaite est, dans tous les cas,

$$E_p = (L + M) \frac{I}{T}.$$

Voyons ce qu'il en est de E réellement existant.

» Je décomposerai, pour être tout à fait rigoureux, cette f. e. m. E qui se développe dans les sections en court-circuit, en dehors du phénomène de la commutation, en deux f. e. m. E_1 et E_2 .

» La f. e. m. E_1 est celle produite dans les sections en court-circuit par la rotation de l'induit pour tous les flux du système inducteur, ce système inducteur pouvant comporter ou non un flux auxiliaire pour produire une bonne commutation (enroulement de compensation, pôles auxiliaires). E_1 est d'une signification et d'une détermination immédiates.

» La f. e. m. E_2 est celle qui proviendra du fait que l'induit tourne dans une carcasse qui l'entoure sous un entrefer différent et variable. Tant qu'on n'a pas de pièces polaires (stator de moteur

d'induction), le flux de l'induit, c'est-à-dire le flux des sections en circuit, ne traverse pas les sections en court-circuit. Ceci veut dire qu'il n'y a pas d'induction mutuelle entre les sections en circuit et les sections en court-circuit. Lorsque le système inducteur comporte des pièces polaires, il n'y aurait plus, au contraire, que deux positions des balais pour lesquelles le flux engendré par l'induit ne traverserait pas les sections en court-circuit. Ces deux positions des balais sur le collecteur correspondent soit au cas où le vecteur ampères-tours de l'induit est dirigé perpendiculairement à la ligne des pôles (axe de perméabilité minimum), soit au cas où le vecteur ampères-tours de l'induit est dirigé suivant la ligne des pôles (axe de perméabilité maximum).

» En dehors de ces deux positions extrêmes à 90° l'une de l'autre, pour une position intermédiaire, telle que celle représentée par la figure 7, par exemple, une partie du flux propre à l'induit, c'est-à-dire du *flux qui existerait en supposant tous les pôles de la machine non excités*, traverse les sections en court-circuit. Il y a donc un certain coefficient d'induction mutuelle N entre les sections en circuit et les sections en court-circuit. Or, ce coefficient varie pendant le court-circuit et il y a, de ce chef, une certaine f. e. m. induite dans les sections en court-circuit et égale à

$$E_2 = I \frac{dN}{dt}.$$

» D'une façon générale, on doit donc dire que, lorsqu'un induit traversé par un courant I tourne dans une carcasse extérieure qui l'entoure sous un entrefer différent et variable, il y a lieu de considérer si la variation du coefficient d'induction mutuelle N entre les sections en circuit et les sections en court-circuit n'intervient pas pour faire apparaître une f. e. m.

$$E_2 = I \frac{dN}{dt}.$$

» *Détermination de $e = E - E_p$.* — En étudiant la détermination individuelle de E_p et de $E = E_1 + E_2$, il est clair que nous avons étudié la détermination de e , terme qu'il nous est indispensable de connaître pour juger de la tenue des balais.

» En réalité, e peut être déterminé directement. Supposons que

φ désigne cette fois la valeur moyenne du champ *résultant* de *tous* les champs de l'inducteur et de l'induit existant effectivement à la périphérie magnétique de l'induit sur la surface ΔS (voir *fig. 4*) qui sépare deux sections, là où la commutation s'opère. On a alors, en toute rigueur,

$$e_{\text{moy.}} = n \frac{\varphi \Delta S}{T},$$

n étant le nombre des spires contenues dans une section.

» Cette égalité résulte de la simple considération élémentaire qui suit et que j'ai reproduite plusieurs fois.

» La section S_1 qui commence son court-circuit est traversée par un flux résultant Φ_1 . La section S_2 qui rompt son court-circuit au même instant est traversée par un flux résultant Φ_2 . Le processus de la commutation a pour objet de substituer la section S_1 à la section S_2 . Or la variation de flux $\Phi_2 - \Phi_1$ ainsi produite dans la section S_1 sera, *par définition*,

$$\Phi_2 - \Phi_1 = n \varphi \Delta S.$$

» On a donc

$$e_{\text{moy.}} = n \frac{\varphi \Delta S}{T}.$$

» Pour que $e_{\text{moy.}}$ soit nul, il faut il suffit que φ soit nul. La commutation parfaite est donc pratiquement caractérisée par le fait que $\varphi = 0$, ainsi que je l'ai précisé dans ma Communication aux *Électriciens* de mai 1902.

» Dans le cas où le système inducteur est un stator de moteur d'induction comportant des encoches régulièrement espacées, on vérifie sans peine analytiquement l'exactitude de cette considération. Pour obtenir la f. e. m. nécessaire pour la commutation parfaite $\frac{(L + M) I}{T}$, on doit développer, en effet, ainsi que je l'ai démontré, une f. e. m. égale à celle qu'on peut supposer induite par le champ de l'induit rendu fixe dans l'espace. Ceci revient à dire qu'il faut, pour obtenir une commutation parfaite, *annuler le champ de l'induit en cette région de la périphérie magnétique de l'induit où s'opère la commutation*, c'est-à-dire faire $\varphi = 0$ (').

(1) C'est absolument à tort que cette façon de voir a été contestée par plusieurs auteurs allemands.

» Dans le cas d'un système inducteur à pièces polaires, l'analyse conduit aux mêmes conclusions.

» Ainsi donc la détermination de e se ramène à la détermination de φ . On pourra se donner la machine même au repos. La connaissance des courants sur tous les circuits de l'inducteur et de l'induit devra toujours permettre de déterminer le φ résultant dans la région de la périphérie magnétique de l'induit où s'opère la commutation dès que l'induit est supposé en mouvement.

» Pour étudier ensuite le régime de commutation qui a effectivement lieu, on superposera, à un régime à commutation parfaite, l'action indépendante de la tension

$$e = n \frac{\varphi \Delta S}{T}.$$

C'est ici qu'interviendra le terme $z.v. \frac{\Delta}{\Delta_1}$ pour déterminer $\hat{\delta}_{a,T}$.

» La tenue des balais sera alors appréciée, la qualité des balais étant donnée par la valeur individuelle des termes

$$e, z, v, \frac{\Delta}{\Delta_1},$$

ainsi que nous l'avons dit dans la première partie de notre étude.

» Ce qu'on cherchera toujours, soit par le décalage des balais, soit par l'action des pôles auxiliaires, sera de faire $\varphi = 0$. Pour que la machine puisse pratiquement admettre un e différent de zéro et parfois notable, on veillera essentiellement à la petitesse des termes v et $\frac{\Delta}{\Delta_1}$.

» Dans le cas de balais rectangulaires (correspondant à une commutation parfaite pour une variation linéaire du courant), on peut démontrer que, dès qu'on suppose e constant, la quantité d'énergie libérée par l'action de e dans le court-circuit est indépendante du fait que l'induit débite ou reçoit un courant I .

» Dans le cas des appareils à courants alternatifs, il y a d'autres f. e. m. à considérer.

» On a bien toujours

$$E_p = \frac{(L + M)I}{T},$$

I représentant la valeur instantanée du courant à commuter, mais la f. e. m. existant effectivement, E , comprendra, en outre, la f. e. m. qui peut être due à la variation statique des champs du système inducteur ou de l'induit.

» La seule loi générale qui subsiste est que, à un instant quelconque, pour que $e = E - E_p = 0$, il faut et il suffit que la section en commutation soit, après son court-circuit comme avant son court-circuit, traversée par le même flux résultant. Si, par exemple, un induit à collecteur, traversé par des courants polyphasés qui donnent lieu à un champ tournant, se déplace synchroniquement avec le champ, il n'y a pas de f. e. m. résultante e induite dans les sections en court-circuit et la commutation est parfaite.

» (En réalité, elle est parfaite dans la mesure où le champ tournant reste fidèle à lui-même dans sa rotation, c'est-à-dire ne comporte pas d'harmoniques.)

» Cette façon de voir, qui me fut autrefois contestée (1901-1902), est bien reconnue aujourd'hui. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Marius Latour de son intéressante étude sur le délicat problème de la commutation.

OBSERVATION

présentée à propos du procès-verbal de la Séance mensuelle du 4 mai 1910.

M. le D^r BLOCH. — « Je prendrai la liberté, à propos de l'intéressante Communication de M. d'Arsonval sur les *accidents occasionnés par l'électricité*, de faire remarquer qu'une brochure, sur ce même sujet, a été publiée au commencement de cette année par le *Musée pédagogique*, et dont l'auteur est M. J. Carvallo, agrégé des Sciences physiques et ingénieur diplômé de l'*École pratique d'Électricité industrielle*.

» Voici cette brochure que M. Carvallo m'a chargé de présenter pour la bibliothèque de notre Société.

» Ce travail n'est pas une œuvre originale contenant des documents nouveaux, mais une œuvre de vulgarisation destinée à éclairer le grand public des villes et des campagnes sur les dangers que présentent les installations électriques, sur les précautions à prendre pour éviter les accidents, et enfin sur les mesures à prendre en cas d'accident.

» On sait que depuis deux ans environ le Ministre de l'Instruction publique a fait placer, dans toutes les écoles communales, l'affiche de l'*Association des Industriels de France*, en recommandant aux instituteurs de la commenter, devant leurs élèves et même devant leurs parents, le plus souvent possible.

» Mais, outre cela, le service des vues du *Musée pédagogique* a fait établir une série de 24 clichés de projection, destinée à être montrée par les instituteurs aux habitants des régions dangereuses. Cette série de clichés est commentée dans la Notice de M. Carvallo; de plus, par les soins du *Musée pédagogique*, cette Notice ainsi que les clichés circulent continuellement entre les mains des instituteurs qui, de la sorte, sont en mesure de vulgariser, sous forme de conférence illustrée, les notions fondamentales que tout le monde doit posséder sur ce sujet.

» Parmi les vues s'en trouve une qui reproduit et commente l'affiche de l'*Association des Industriels de France*.

» Trois autres vues sont consacrées à la description des soins à donner aux victimes de l'électricité, après qu'elles ont été séparées du câble qui les a frappées. »

La séance est levée à 10^h 5^m du soir.

BIBLIOGRAPHIE.

La Télégraphie sans fil et les ondes électriques. par J. BOULANGER et G. FERRIÉ.
7^e édition, augmentée et mise à jour. 1 vol. in-8°, avec 255 figures. Paris-Nancy,
Berger-Levrault et C^{ie}, 1909.

Nous n'avons rien à ajouter à l'éloge que nous faisons ici-même, il y a quatre ans, de la sixième édition de cet Ouvrage.

Le fait qu'une septième édition a dû la suivre à si peu d'intervalle en dit plus que ne sauraient le faire quelques phrases louangeuses. Bornons-nous à signaler que cette septième édition a été très soigneusement mise à jour et qu'on y trouve des renseignements sur les plus récents dispositifs de la Télégraphie et de la Téléphonie sans fil.

Les oscillations électriques. Principes de la Télégraphie sans fil, par C. TISSOT.
1 vol. in-18 Jésus, avec 152 figures. (*Encyclopédie scientifique*, publiée sous la direction du D^r Toulouse.) Paris, O. Doin et fils, 1910.

Dans ce Volume de 450 pages l'auteur expose avec clarté la théorie des phénomènes vibratoires, puis, après quelques mots relatifs à la théorie et à la production des courants alternatifs de basse fréquence, il indique les différents procédés employés pour la production des oscillations électriques, la manière dont se propagent ces oscillations, les théories de Maxwell et de Hertz relatives à cette propagation et les théories plus récentes sur le rayonnement des oscillateurs et des antennes. Nous recommandons surtout le Chapitre relatif aux mesures en haute fréquence et celui relatif aux idées de Bjerkness sur la résonance et aux recherches entreprises pour vérifier et utiliser les formules de ce physicien.

M. Tissot s'est particulièrement occupé de ces questions et le praticien perçoit sous l'auteur.

Un deuxième Volume, consacré à la Télégraphie sans fil proprement dite, doit suivre ce premier Ouvrage et rencontrera, nous n'en doutons pas, le même succès.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

(Suite.)

La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société, tous les jours,
de 3 heures à 6 heures, excepté les dimanches et jours de fêtes,
12, rue de Staël.

France.

Maladies des chaudières industrielles et de leurs accessoires, par Paul BLANCARNOUX. Paris, Lucien Laveur, 1910; 1 vol. in-8°, broché (*Technicien moderne*). (Don de l'éditeur.)

Mesure des très hauts potentiels au moyen d'électromètres sous pression par C.-E. GUYE et A. TCHERNIAVSKI. Paris, Gauthier-Villars, 1910; une brochure in-4° (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*). (Don de M. C.-E. Guye.)

Recherches sur les propriétés thermomécaniques des corps solides, par Louis ROY. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-4°, broché (*Thèse de doctorat ès sciences mathématiques*). (Don de l'auteur.)

Sur le frottement intérieur des métaux aux basses températures, par C.-E. GUYE et H. SCHAPPER. Paris, Gauthier-Villars, 1910; une brochure in-4° (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*). (Don de M. C.-E. Guye.)

Étranger.

Frottement intérieur des solides aux basses températures, par C.-E. GUYE et V. FRÉDERICKSZ. Genève, Société générale d'Imprimerie, 1910; 1 fasc. in-8° (*Université de Genève. Laboratoire de Physique, 2^e série, 10^e fasc.*). (Don de M. C.-E. Guye.)

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Admission de Membres titulaires, p. 403. — A propos des règlements administratifs concernant les distributions d'énergie électrique (M. **Brunswick**), p. 405. — Les installations électriques de Rio-de-Janeiro (M. **Mongin**), p. 457. — Premiers résultats de l'enquête sur les accidents dus aux surtensions et aux courts-circuits dans les usines et les réseaux (M. **Legouéz**), p. 485.
Obsèques de M. GEORGES BERGER (Discours de M. le Président), p. 501.
BIBLIOGRAPHIE, p. 504.
OUVRAGES OFFERTS, p. 509.

COMPTE RENDU
DE LA
RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 6 juillet 1910 (1).

PRÉSIDENCE DE M. A. BOCHET.

La séance est ouverte à 8 h 35 m du soir.

Le procès-verbal de la dernière réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque (*voir* p. 509), et des demandes d'admissions suivantes :

Laboratoire d'Électrotechnique de l'Institut Polytechnique de Saint-Petersbourg,
à Saint-Petersbourg (Russie). — Présenté par MM. Janet et Tchernosvitoff.

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

M. **Van Cauwenberghe** (Robert), Ingénieur à la *Compagnie de Railways et d'Électricité de Bruxelles ; Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est*, à Jeumont (Nord). — Présenté par MM. Latour et Perret.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de MM. *F. Noë, R. Perrier, L. Raoux* et *Th. Vaillance*; il en exprime les regrets de la Société :

M. le PRÉSIDENT. — « La mort accidentelle de notre jeune collègue René PERRIER nous a causé un profond chagrin.

» Ancien élève de l'E. S. E., il était depuis 6 ans ingénieur chef du Service des essais et de la plate-forme à l'usine de la Société Gramme.

» Le 10 juin dernier, alors qu'il venait de vérifier l'isolement d'une machine sous une tension alternative de 250 à 300 volts et 55 périodes, il a été trouvé à terre, tenant en main les extrémités des deux fils.

» Un des verres de ses lunettes lui était entré dans l'œil pendant sa chute, mais la mort s'est certainement produite par le passage du courant durant quelques minutes.

» René Perrier est donc mort en accomplissant son devoir professionnel.

» Très apprécié par la distinction de ses mérites, il laisse d'unanimes regrets.

» Nous transmettons à sa veuve et à sa famille les condoléances de la Société internationale des Électriciens. »

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

A PROPOS DES RÈGLEMENTS ADMINISTRATIFS CONCERNANT LES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE ET DES TRAVAUX DES 1^{re} ET 4^e SECTIONS DU COMITÉ.

(Conséquences des inondations; accidents dus aux surtensions et courts-circuits dans les machines et appareils; instructions de l'Union des Syndicats.)

M. BRUNSWICK. — « Les première et quatrième sections du Comité avaient entrepris à la fin de 1908 l'analyse des *Règlements administratifs concernant les distributions d'énergie électrique*.

» Leur but était de mettre en évidence les points susceptibles de modifications ou d'éclaircissements.

» Le travail des première et quatrième sections s'est poursuivi en de nombreuses séances tenues régulièrement jusqu'en ces derniers temps; notre regretté président Pellat y avait pris une part tout à fait active jusqu'à la veille de sa mort.

» Un rapport résumant les vues échangées était en préparation et confié aux soins de notre collègue M. Liouville, secrétaire de la première section, lorsque, à la suite des travaux du *Comité permanent d'électricité*, l'*arrêté ministériel du 21 mars 1910* et la *circulaire de même date* donnant satisfaction à la plupart des desiderata formulés ou, en tout cas, à ceux considérés comme les plus importants, sont venus mettre un terme aux discussions et faire tomber en grande partie l'objet même du rapport.

» En raison de l'importance du nouvel arrêté et de la circulaire officiels, il a paru opportun d'appeler sur eux l'attention des Membres de la Société.

» On trouvera, en conséquence, *in extenso*, sous forme d'annexe au *Bulletin*, le texte de l'arrêté (Annexe II) de M. le Ministre des Travaux publics du 21 mars 1910 et de la circulaire (Annexe I) de même date; celle-ci, en particulier, constitue un commentaire pratique des plus essentiel à la compréhension de l'arrêté.

» Nous résumerons brièvement les dispositions nouvelles et les interprétations que l'arrêté ⁽¹⁾ introduit dans la législation.

(1) Les distributions d'énergie électrique sont régies par la loi du 15 juin 1906. L'arrêté ministériel du 21 mars 1910 annule et remplace celui du 21 mars 1908.

» La circulaire précise, en premier lieu, les conditions d'application.

» Entre autres, l'article premier, grâce à un renvoi explicatif, fixe ce qu'on doit entendre par « la plus grande tension de régime », et par suite la division, sans qu'il puisse y avoir ambiguïté, des distributions triphasées en deux catégories.

» L'article 5 comporte un certain nombre de dispositions destinées à faciliter les installations tout en réservant la sécurité du public; à signaler, notamment, le paragraphe 2 de l'article 5 relatif au point le plus bas des conducteurs des canalisations aériennes, et le paragraphe 7 concernant les traversées sur les toits.

» L'article 24 ne classe plus les passages à niveau parmi les points à choisir, de *préférence* pour la traversée des chemins de fer.

» Le paragraphe 2 indique que les appareils de coupure peuvent ne pas être établis nécessairement dans le voisinage immédiat de la coupure.

» La circulaire donne également des éclaircissements sur l'interprétation de l'article 25, paragraphe 7 : calcul du coefficient de sécurité de l'installation constituant la traversée ;

» L'article 26, paragraphe 3, introduit une innovation, conseillée depuis longtemps par les praticiens : la valeur d'isolement des câbles souterrains n'y est plus spécifiée. Par contre, la circulaire insiste sur la nécessité, à l'égard des courants vagabonds, d'un contrôle actif et efficace des ouvrages de distribution des entreprises de traction à courant continu.

» Les modes énumérés de communication entre les centres de distribution et les usines offrent maintenant à l'entreprise une latitude que les textes antérieurs laissaient discutable.

» Enfin, la circulaire réserve une certaine action à l'Administration en matière de conservation des sites.

» Il est à remarquer que l'arrêté ne contient aucune disposition spéciale concernant les distributions à très haute tension. Celles-ci,

ainsi que la circulaire du 21 juillet 1908 formant le complément de la loi précédente. L'arrêté du 21 mars 1908 abrogeait lui-même toutes les instructions antérieurement en vigueur.

nécessitant une étude particulièrement attentive, doivent être, avant de statuer, communiquées au Ministre par l'Administration préfectorale.

» Les questions visées par la circulaire ministérielle du 21 mars 1910 avaient justement fait l'objet commun des préoccupations de la première section, présidée successivement par MM. Rey et Brunswick, et de la quatrième section, présidée par M. Mazen.

» La participation de certains de nos collègues, notamment MM. Hillairet, Monmerqué, Picou, aux travaux du *Comité permanent d'électricité* autorise, croyons-nous, la Société des Électriciens à se considérer, par les délibérations des deux sections de son Comité, comme ayant pris une part sensible quoique indirecte à l'élaboration du texte qui régit maintenant les *conditions techniques applicables aux distributions d'énergie électrique*.

» Les dispositions libérales de l'arrêté et surtout la circulaire du 21 mars 1910 attestent, au point de vue administratif, des progrès incontestables dans le domaine de la clarté et dans celui de la liberté industrielle.

» Néanmoins, les documents de cette nature restent éminemment perfectibles; l'existence du Comité permanent d'électricité en est la preuve. Il serait très désirable, par suite, que nos collègues veuillent bien nous faire part des observations que l'analyse ou la pratique leur suggéreraient; les première et quatrième sections du Comité les feraient tenir après étude à l'autorité compétente.

» Profitant de la circonstance qui m'a permis de vous entretenir d'une partie des travaux des première et quatrième sections de votre Comité, je vous demanderai la permission de vous rendre compte un peu plus complètement de la tâche qu'elles poursuivent et de l'objet de leurs préoccupations actuelles.

» Les *conséquences des inondations* ont d'abord retenu l'attention de la première section, à laquelle se joignit bientôt la quatrième, continuant ainsi le sympathique groupement d'efforts réalisé pour l'étude des règlements d'administration publique.

Le *Bulletin* publiera les circulaires et questionnaires (Annexes III, IV, V) envoyés pour solliciter les premiers concours et visant plus spécialement le matériel machines et transformateurs.

» Les renseignements communiqués nous ayant mis en goût de plus ample curiosité, nous ajoutons au questionnaire primitif un complément (Annexe VI) s'étendant aux canalisations et à l'appareillage.

» Les renseignements déjà recueillis sont assez nombreux et encourageants ; nous comptons pouvoir vous présenter, après les vacances, un rapport dont le dévoué secrétaire de la quatrième section, M. Guéry, a bien voulu assumer la tâche.

» Une autre question dont l'intérêt est évident a été portée à l'ordre du jour de la première section sous forme d'une enquête sur *les accidents dus aux surtensions et courts-circuits dans les machines* (générateurs, moteurs, convertisseurs, transformateurs et accessoires).

» L'exposé des motifs qui ont guidé la première section est fourni par les circulaires et questionnaires (Annexes VII et VIII) que l'on trouvera également plus loin.

» La première section s'est adressée aux constructeurs ainsi qu'aux Sociétés exploitantes, avec toute la discrétion voulue pour que les renseignements purement techniques communiqués soient assurés de l'anonymat le plus rigoureux.

» Nous espérons que les réponses seront aussi nombreuses qu'intéressantes.

» La moisson s'annonce d'ailleurs sous les auspices les plus favorables ; la communication que nous devons, en cette même séance, à notre éminent et sympathique collègue M. Legouéz sera le témoignage documenté et intéressant de nos efforts.

» En portant les préoccupations de la première section à votre connaissance, en donnant à ses recherches la publicité du *Bulletin* et en faisant appel au concours des membres de la Société, nous espérons que la tâche entreprise ne sera pas sans contribuer au profit commun et démontrera l'activité de la Société internationale des Électriciens.

» Enfin, Messieurs, je voudrais, dans un ordre d'idées un peu différent, vous entretenir d'un sujet qui se rattache, quoique d'un peu plus loin, aux travaux de la première section.

» J'ai déjà eu le plaisir de vous entretenir, il y a moins d'un an, des températures admissibles dans les machines dynamo-électriques et des études auxquelles s'était livrée la première section de votre Comité, alors présidée par M. Boucherot.

» Ces études ont fructifié depuis ; les considérations qui en furent déduites ont permis à nos Collègues affiliés au Syndicat professionnel des Industries électriques et au Syndicat des Usines d'électricité, d'établir les bases d'un document récent, particulièrement important pour l'industrie électrique de notre pays, intitulé :

» *Instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques.* — L'Union des Syndicats vient d'adopter ces instructions après de minutieux débats.

» La Société des Électriciens, tenue évidemment à une absolue neutralité en matière industrielle, ne peut accorder à une publication de ce genre une adhésion officielle qui pourrait leur donner un caractère trop catégorique pour la liberté industrielle; c'est donc à titre privé que je signale à votre attention ces *Instructions générales*. Quoique cela, les membres de la Société sont certainement intéressés à propager des *Instructions* qui, pour la première fois en France, reposent sur des bases techniques rationnelles. J'ose espérer que ceux d'entre nous qui ne les connaîtraient pas encore voudront bien les apprécier et s'y référer dans les transactions où elles pourraient trouver leur application.

» Jusq'ici les réglementations diverses avaient eu un caractère arbitraire, dicté par l'empirisme ou la simple coutume. Il a fallu une réelle persévérance et une certaine bonne volonté pour concilier des points de vue parfois opposés.

» Finalement, en tenant compte des exigences des consommateurs et des garanties que pouvaient consentir les constructeurs, un accord que consacrent les *Instructions générales* a pu s'établir.

» Vous en trouverez le texte dans le *Bulletin* (Annexe IX); je souhaite qu'il puisse rendre les services que l'Union des Syndicats en attend ; en terminant, j'insisterai sur l'influence prépondérante des travaux de la Société des Électriciens dans l'élaboration de ces instructions; c'est une garantie des principes et de la méthode qui les ont inspirées et dont la Société peut revendiquer le mérite.

» Il va sans dire que ces instructions seront certainement mises

en harmonie avec les progrès journaliers de l'industrie et devront profiter des observations que la pratique pourrait suggérer.

» Le Syndicat professionnel des Industries électriques serait heureux de recueillir les remarques et avis divers des membres de notre Société touchant cette question d'intérêt primordial.

» Enfin, pour permettre de juger de l'esprit et des progrès réalisés par les instructions, nous avons complété ce compte rendu sommaire par un Tableau comparatif des principales réglementations en vigueur. »

ANNEXE I.

*Le Ministre des Travaux publics, des Postes et Télégraphes
à Monsieur le Préfet du département d...*

Paris, le 21 mars 1910.

« J'ai l'honneur de vous adresser ci-joint ampliation d'un arrêté en date du 21 mars 1910 par lequel j'ai déterminé, conformément à l'article 19 de la loi du 15 juin 1906 et après avis du Comité d'électricité, les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique au point de vue de la sécurité des personnes et des services publics intéressés.

» Je vous adresse en même temps les instructions nécessaires pour vous permettre d'en assurer l'application.

» *Dispositions générales.* — Le nouvel arrêté et la présente circulaire abrogent et remplacent l'arrêté du 21 mars 1908 et la circulaire du 11 juillet 1908 ⁽¹⁾.

» L'arrêté s'applique à tous les ouvrages des distributions empruntant en un point quelconque de leur parcours le domaine public, ainsi qu'aux ouvrages des distributions établies exclusivement sur des terrains privés et s'approchant à moins de 10^m de distance horizontale d'une ligne télégraphique ou téléphonique préexistante; mais il ne s'applique ni aux usines de production d'énergie, ni aux ouvrages d'utilisation situés dans les usines ou autres immeubles. Ces usines ou ouvrages d'utilisation sont soumis aux dispositions du décret du 11 juillet 1907, édicté en exécution de la loi du 12 juin 1893-11 juillet 1903 sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs dans les établissements industriels.

⁽¹⁾ Il est rappelé que l'arrêté du 21 mars 1908 abrogeait et remplaçait toutes les instructions techniques antérieurement en vigueur, notamment l'arrêté préfectoral du 15 septembre 1893, les instructions techniques annuelles émanant de l'administration des Postes et des Télégraphes et les dispositions techniques de l'instruction du 1^{er} février 1907 relative à la traversée des chemins de fer.

» L'arrêté ne contient aucune prescription relative à la protection des sites que mentionne l'article 19 de la loi du 15 juin 1906. Je ne doute pas que les ingénieurs auront le plus grand souci de veiller à ce que l'établissement des ouvrages d'une distribution ne compromette pas le caractère artistique ou pittoresque des monuments, des paysages et des rues des villes: il peut néanmoins être utile, toutes les fois que la situation le comportera, de consulter les fonctionnaires ou les commissions chargés, dans chaque circonscription administrative, de veiller à la conservation des monuments et des sites.

» Comme le disait mon prédécesseur dans la circulaire du 21 juillet 1908, portant envoi de l'arrêté antérieur du 21 mars 1908, il sera bon que les ingénieurs se mettent en rapport avec l'architecte départemental lorsque les projets seront de nature à modifier l'aspect des rues ou des promenades des villes. Si les travaux projetés intéressent un immeuble classé parmi les monuments historiques, en vertu de la loi du 30 mars 1887, ils pourront utilement faire appel à l'architecte ordinaire des monuments historiques; s'ils intéressent un paysage pittoresque, il y aura lieu, pour vous, de saisir la Commission instituée dans votre département par la loi du 21 avril 1906 sur la conservation des sites et des monuments naturels.

» *Dispositions spéciales.* — L'arrêté technique est divisé en cinq Chapitres correspondant aux diverses questions que soulèvent l'établissement et l'exploitation des ouvrages de distribution.

» Le Chapitre I contient les dispositions générales applicables à tous les ouvrages de distribution et donne lieu de ma part aux observations suivantes :

» **ARTICLE PREMIER.** — Les distributions sont classées en deux catégories, suivant la plus grande tension de régime existant entre les conducteurs et la terre. Les dispositions adoptées sont les mêmes que celles du décret du 11 juillet 1907 relatif à la sécurité des travailleurs dans les établissements industriels qui mettent en œuvre des courants électriques.

» Il ne faut pas toutefois conclure de cette classification que seuls les ouvrages de la deuxième catégorie peuvent présenter des dangers: les limites indiquées pour la tension maximum de la première catégorie correspondent aux installations usuelles, qui ne donnent lieu à des accidents que très exceptionnellement, mais il a été constaté que, dans certaines circonstances spéciales, des courants dont la tension est très inférieure à la limite adoptée ont occasionné des électrocutions. Vous aurez à tenir compte de ce fait dans l'étude des installations de première catégorie.

» **ART. 3.** — L'état de conservation des supports en bois portant des lignes de la deuxième catégorie devra être l'objet de vérifications fréquentes, surtout au voisinage des traversées de voies publiques, de voies ferrées, ainsi que des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux.

» **ART. 4.** — Les essais des isolateurs ne peuvent être pratiquement faits sur une ligne établie; conformément à la pratique courante de l'industrie, les isolateurs seront essayés à l'usine avant livraison; le service du contrôle pourra exiger la production du procès-verbal des essais.

» **ART. 5.** — Le point le plus bas des conducteurs de la première catégorie a été

abaissé à 6^m à la traversée des voies publiques, mais à la condition que le minimum de 6^m soit observé strictement, même pendant les plus grandes chaleurs de l'été, de façon qu'il n'en résulte jamais de gêne pour la circulation (§ 2).

» Il n'est fait d'exception que dans le cas où, à la traversée des ouvrages construits au-dessus des voies publiques, une hauteur moindre peut être admise, pourvu que la sécurité soit assurée par un dispositif spécial de protection, mais sans que la hauteur libre de 4, 30 m, à réserver au-dessus de la chaussée, puisse être diminuée.

» Dans les parties en courbe des voies publiques, les poteaux ou pylônes devront être plus rapprochés que dans les alignements droits pour diminuer l'empiètement en projection horizontale des conducteurs sur la voie publique; il importe d'éviter des contacts possibles avec des chargements élevés.

» L'arrêté du 15 septembre 1893 fixait à 60° l'angle minimum pour la traversée des routes par les conducteurs d'énergie. Ce minimum a été abaissé à 30° (§ 4) afin de réduire le plus possible l'angle de la brisure dans la direction générale de la ligne de distribution. Cette brisure constitue, en effet, malgré la consolidation des supports, un point faible dans les canalisations. La disposition adoptée améliorera les conditions de la sécurité.

» Si des conducteurs d'énergie sont établis le long d'une voie publique qui en croise une autre sous un angle inférieur à 30°, il n'y aura pas lieu de modifier leur alignement à la traversée (§ 4).

» Les épissures et soudures interdites dans la traversée des voies publiques et dans les parties contiguës peuvent être autorisées à titre provisoire comme moyens de réparation (§ 5).

» Les supports des distributions de la deuxième catégorie devront porter l'inscription « Danger de mort » substituée à l'inscription « Dangereux ». Le danger de mort est réel et doit être explicitement signalé (§ 6 c).

» Lorsque les conducteurs d'énergie longent un toit ou passent au-dessus, la distance à laquelle ils doivent être de ce toit a été portée à 2^m, s'ils sont de la deuxième catégorie. Cette distance est portée à 3^m lorsque les toits sont en terrasse, quelle que soit la catégorie à laquelle appartiennent ces conducteurs (§ 7).

» Lorsque des conducteurs de la première catégorie seront portés par les mêmes supports que les conducteurs de la deuxième catégorie, il y aura lieu d'en vérifier avec le plus grand soin les conditions d'établissement et d'entretien en particulier au voisinage des traversées de voies publiques et de voies ferrées, ainsi que des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux.

» ART. 6. — L'article 6 définit les conditions dans lesquelles doivent être calculées les dimensions de tous les ouvrages des distributions. Il y a lieu de tenir compte dans ce calcul non seulement des charges permanentes que les organes ont à supporter, mais aussi des charges accidentelles qui peuvent se produire sous l'action du vent. Ces charges accidentelles peuvent d'ailleurs varier suivant la température. Par les temps froids, la flèche des conducteurs diminue, ce qui est défavorable à la solidité, mais par contre, en général, dans ces circonstances, la violence du vent n'atteint pas le maximum constaté avec des températures moyennes. Il conviendra de faire le calcul dans les deux hypothèses et de retenir le résultat trouvé dans le cas le plus défavorable.

» Les bases de calcul adoptées sont très sensiblement les mêmes que celles qui ont

été précédemment indiquées dans l'instruction du 1^{er} février 1907, relative aux traversées de chemins de fer. Toutefois, l'hypothèse d'une couche de verglas de 4 mm d'épaisseur recouvrant les conducteurs a été écartée, comme ne se produisant que très exceptionnellement en pratique à raison de la chaleur développée par le passage même du courant.

» **ART. 7.** — Dans les distributions de deuxième catégorie, les accidents présentent un caractère particulier de gravité et peuvent nécessiter la coupure du courant dans le plus bref délai possible. A cet effet, l'article 7 prévoit que chaque agglomération importante doit être reliée par un moyen de communication directe à l'usine génératrice ou au poste le plus voisin muni d'appareils de coupure. L'entrepreneur peut, pour réaliser cette liaison, faire usage d'une ligne téléphonique, ou avoir recours à d'autres moyens, par exemple, munir le personnel de surveillance de moyens de transport rapide (automobiles, bicyclettes, etc.). Il appartiendra au service du contrôle d'apprécier les propositions faites à cet effet par l'entrepreneur.

» Dans les cas où la distribution est munie d'appareils de coupure à l'entrée de chaque agglomération, l'installation pourra être considérée comme répondant à la prescription de l'article 7, à la condition toutefois que l'entrepreneur ait pris toutes les mesures nécessaires pour que ces appareils puissent être manœuvrés efficacement quand il en sera besoin.

» **ART. 8.** — L'armure métallique d'un câble souterrain peut suffire comme protection mécanique de celui-ci.

Le Chapitre II détermine les conditions spéciales auxquelles doivent satisfaire les ouvrages de distribution à la traversée des cours d'eau (Section I) et des lignes de chemin de fer (Section II) et les ouvrages servant à la traction par l'électricité (Section III).

» La Section I s'applique aux traversées des cours d'eau, la rédaction de l'arrêté du 21 mars 1908 a été maintenue ; cependant le nouvel arrêté prévoit dans certains cas une réduction de la hauteur des conducteurs au-dessus des plus hautes eaux jusqu'à 3 m, quand la circulation sous ces conducteurs apparaît comme devant être absolument exceptionnelle.

» La Section II est relative aux traversées de chemins de fer : les prescriptions de l'arrêté du 31 mars 1908 ont été maintenues presque intégralement. Je rappello les différences suivantes que comporte déjà l'arrêté du 21 mars 1908 avec les règles antérieurement adoptées, notamment l'instruction du 1^{er} février 1907 :

» **ART. 24.** — Le paragraphe premier de l'article 24 ne classe plus les passages à niveau parmi les points qui doivent être choisis de préférence pour la traversée des chemins de fer. La traversée aux passages à niveau crée en effet un risque pour la circulation publique. Il peut être avantageux toutefois, au lieu d'établir une traversée en pleine voie, de la placer à proximité d'un passage à niveau pour qu'elle puisse être surveillée par le garde-barrière. Mais ce n'est pas là une obligation ; il appartient aux services de contrôle d'adopter la solution la plus conforme aux intérêts en présence.

» Le paragraphe 2 correspond à l'article 8 de l'ancienne instruction du 1^{er} février 1907 ; mais il a reçu une rédaction un peu différente afin de bien préciser que les appareils de coupure ne doivent pas nécessairement être établis dans le voisinage

immédiat de la traversée ; il suffit que l'installation soit faite de manière qu'il soit possible de couper facilement le courant dans la traversée.

» ART. 25 et 26. — Conformément à l'avis déjà donné précédemment par le Comité d'électricité, il ne m'a pas paru nécessaire de fixer une limite pour la densité maximum du courant dans les canalisations aériennes et souterraines. Les nécessités industrielles obligent, en effet, les entrepreneurs à adopter des densités de courant bien inférieures à celles qui pourraient compromettre la sécurité.

» En outre, du point que je viens de rappeler, je vous signale de nouvelles questions relatives aux articles 25 et 26.

» ART. 25. — Une addition a été faite au paragraphe 1 pour autoriser la traversée d'une ligne de chemin de fer sous un angle inférieur à 60°, quand la canalisation aérienne, constituant cette traversée, est établie le long d'une voie publique qui traverse elle-même la voie ferrée. Cette addition se justifie par les mêmes considérations que celles qui ont été données plus haut à propos de l'article 5, § 4, et de la réduction de 60° à 30° de l'angle minimum pour la traversée des routes par les conducteurs d'énergie.

» Une question importante s'est posée à propos du paragraphe 4 de l'article 25 ; le Comité d'électricité s'est en effet demandé s'il ne devait pas préciser l'interprétation de ce paragraphe et spécifier en particulier que les conducteurs devaient être doublés au droit des paires d'isolateurs, exigés pour chaque conducteur. Après discussion approfondie, le Comité a estimé préférable de proposer le maintien du *statu quo*, tout en exprimant le vœu que l'industrie recherche, tout particulièrement pour la traversée des chemins de fer, un type d'isolateurs et une disposition sauvegardant mieux la sécurité que le type et les dispositions actuels.

» Il a d'ailleurs chargé une sous-commission d'étudier d'une façon générale, en vue de la prochaine revision, cette question des traversées de chemins de fer par des conducteurs d'énergie électrique. Parmi les questions à examiner, je citerai celle du coefficient de sécurité qui est prévu égal à 10 par l'article 25 paragraphe 7. Certains industriels trouvent ce coefficient trop élevé. Il paraît résulter de l'instruction que cette appréciation est justifiée par l'interprétation que certains services de contrôle donnent dans la pratique aux paragraphes 3 et 7 de cet article 25.

» Le paragraphe 3 spécifie que les supports de la traversée sont encastrés dans un massif de maçonnerie et constitués de façon assez solide pour pouvoir, en cas de rupture de tous les fils, les sollicitant d'un côté, résister à la traction qu'exerceraient sur eux les fils subsistant de l'autre côté, à moins que l'entrepreneur n'ait fait agréer une disposition équivalente au point de vue de la sécurité.

» Le paragraphe 7 fixe à 10 pour les organes constituant la superstructure la valeur du coefficient de sécurité, calculé conformément aux indications de l'article 6 de l'arrêté.

» Or, certains services de contrôle réunissent les conditions des deux paragraphes ci-dessus, c'est-à-dire qu'ils exigent le coefficient 10, en appliquant les conditions de l'article 6 et en supposant, en outre, que les conducteurs sont complètement rompus d'un côté. Cette interprétation est inexacte et conduit à des résultats excessifs. En vertu du paragraphe 3, la ligne doit résister, c'est-à-dire se maintenir stable sans renversement ni rupture des supports des conducteurs, dans l'hypothèse de la rupture

des conducteurs placés d'un même côté. C'est là une condition particulière indépendante des conditions fixées par le paragraphe 7. Pour que la stabilité dont il s'agit soit réalisée d'une façon satisfaisante, il suffit que le coefficient de sécurité y relatif soit notablement supérieur à l'unité, mais il serait tout à fait excessif d'exiger qu'il fût égal à 10.

» On peut espérer qu'avec cette rectification d'interprétation les objections faites contre le coefficient 10 disparaîtront. Quoi qu'il en soit, le Comité étudiera la question et les compagnies de chemin de fer seront consultées. Il ne faut pas, en effet, perdre de vue combien la solidité de l'installation de la traversée importe à la sécurité de l'exploitation des chemins de fer. Mon administration a cherché à réaliser par la suppression des anciens filets une mesure favorable à l'industrie et en même temps un progrès en raison des graves inconvénients que présentaient les filets. Mais cette amélioration ne saurait être obtenue aux dépens de la sécurité. Tout au contraire, on s'est proposé, par les nouvelles dispositions, d'augmenter la sécurité de l'exploitation des chemins de fer, tout en supprimant une disposition très onéreuse pour l'industrie, quoique inefficace.

» **ART. 26.** — Je signale la suppression de la prescription relative à l'isolement des câbles souterrains. L'expérience a démontré, en effet, que cette prescription offrait plus d'inconvénients que d'avantages et que la seule prescription pour assurer une vérification efficace de la bonne qualité des câbles armés consistait dans l'essai à la rupture de l'isolant à l'usine; cette dernière prescription a été conservée (art. 16, § 3).

» Avant de quitter la Section II, relative aux traversées de chemins de fer, et pour répondre aux préoccupations de certains services de contrôle, il me paraît utile de préciser qu'une canalisation souterraine empruntant la voie publique pour traverser un chemin de fer sous un passage inférieur sans avoir aucun contact avec les ouvrages de la ligne de chemins de fer peut être établie sans intervention du service du contrôle du chemin de fer et sans arrêté spécial d'autorisation pour la traversée.

» En adoptant cette prescription, je ne fais d'ailleurs que revenir aux dispositions prévues dans l'article 1^{er} de l'instruction du 1^{er} février 1907, relative à la traversée des lignes de chemins de fer par des conducteurs d'énergie. L'expérience démontre que les instructions de ces affaires sont toujours longues et causent des retards préjudiciables à l'industrie; il importe donc de les simplifier. Dans le cas envisagé, il n'y aura pas d'inconvénient à supprimer l'instruction et l'autorisation, la canalisation souterraine n'ayant aucun contact avec les ouvrages du chemin de fer. Si la voie empruntée sous le passage inférieur est une voie publique, il y aura d'ailleurs lieu à l'instruction et à l'autorisation réglementaires pour cet emprunt.

» Les prescriptions de la Section III, relatives à l'établissement des ouvrages servant à la traction par l'électricité, demeurent sensiblement les mêmes que dans l'arrêté du 21 mars 1908.

» Il a été toutefois spécifié que ces prescriptions (art. 27 à 30) s'appliquent en fait exclusivement à la traction par courant continu. En ce qui concerne la traction par courant alternatif, tous les projets devront m'être soumis toutes les fois que les canalisations électriques emprunteront la voie publique.

» En raison des conditions de leur installation et de leur exploitation, les ouvrages de distribution des entreprises de traction continuent à bénéficier des tolérances admises pour l'établissement de distributions de première catégorie tant que la tension

entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 1000 volts. Mais, si l'établissement des ouvrages servant à la traction par l'électricité est ainsi facilité, autant que le permet le souci de la sécurité, des précautions ont au contraire été prescrites par l'arrêté en vue de parer aux dangers que peuvent présenter les courants vagabonds pour les masses métalliques établies au voisinage des rails employés comme conducteurs de courant.

» Il importe que le service du contrôle assure strictement l'exécution de toutes les mesures jugées nécessaires dans chaque cas pour protéger contre l'action nuisible des courants dérivés les masses métalliques voisines de la ligne de distribution, et notamment les lignes télégraphiques ou téléphoniques et les lignes de signaux.

» A cet égard je signalerai la nécessité pour le service du contrôle d'exiger, de la part des entreprises qui utilisent les rails comme conducteurs de courant, la vérification périodique de la conductance de la voie qui peut être faite tout d'abord par grandes longueurs, puis par sections plus petites, si le résultat n'est pas satisfaisant, jusqu'à ce qu'on ait trouvé les points où l'éclissage électrique est défectueux. L'expérience démontre que cette opération faite régulièrement permet d'assurer par un bon entretien une conductance satisfaisante de la voie et de rendre pratiquement négligeables, dans la plupart des cas, les effets d'électrolyse.

» Le Chapitre III traite de la protection des lignes télégraphiques, téléphoniques et de signaux, et n'appelle aucune observation. Toutefois les croisements de ces lignes avec des lignes de distribution d'énergie doivent être l'objet d'une attention particulière : l'indication d'une distance minimum de 1 m entre ces lignes, qu'il y ait ou non croisement, n'exclut nullement l'adoption d'un plus grand écartement s'il est pratiquement et raisonnablement réalisable.

» Il y a même plus : il convient de chercher à supprimer ces croisements toutes les fois qu'il est possible de le faire moyennant une modification des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux n'entraînant qu'une dépense raisonnable à la charge des entrepreneurs de distributions.

» Quand les lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux ne peuvent être placées au-dessous des conducteurs d'énergie, il convient de les consolider, s'il y a lieu, pour éviter leur rupture, indépendamment du dispositif de garde solidement établi entre les deux sortes de conducteurs.

» Le Chapitre IV renferme les prescriptions relatives à l'entretien des ouvrages et à l'exploitation des distributions.

» ART. 35. — Je rappelle que les conditions d'application de l'article 35, relatif à l'élagage des plantations, ont été précisées par la circulation du 1^{er} septembre 1909 à laquelle il y a lieu de se référer.

» ART. 36. — J'appelle votre attention sur l'article 36 qui prescrit, au troisième alinéa, d'afficher des extraits de l'arrêté dans un endroit apparent des salles contenant des installations de la deuxième catégorie. Des difficultés se sont produites au sujet du choix des articles à afficher ; après examen ce choix me paraît comporter les articles 11, 12, 13, 14 B, 14, 16, 17, 34 et 35.

» Le Chapitre V contient diverses dispositions nécessaires pour l'application de l'arrêté. Vous remarquerez que les dispositions de l'arrêté sont obligatoires pour toutes les distributions et qu'il ne peut y être dérogé que par décision ministérielle ; mais elles ne sont pas limitatives. Lorsque les circonstances locales l'exigent, le ser-

vice du contrôle peut imposer, pour l'établissement des distributions, toutes les mesures nécessaires pour assurer la sécurité.

» Dans cet ordre d'idées, j'appelle particulièrement votre attention sur les conditions d'implantation et d'établissement des lignes, notamment en pays de montagne, au point de vue des mesures à prendre contre les dangers que peuvent présenter éventuellement les éboulements, les torrents, les avalanches, etc.

» Vous remarquerez également que l'arrêté ne contient aucune disposition spéciale concernant les distributions à très haute tension. L'établissement de ces distributions nécessite toutefois une étude particulièrement attentive des projets d'exécution en raison des dangers qu'elles présentent.

» Vous voudrez bien, en conséquence, avant de statuer, me communiquer, avec vos propositions, les projets de toutes les distributions dont la tension de régime dépasse 30000 volts. Après examen, je vous renverrai les projets avec mes instructions.

» Vous pourrez d'ailleurs me saisir également toutes les fois que les conditions d'établissement d'une distribution de tension inférieure ou égale à 30000 volts soulèveront des questions délicates sur lesquelles vous ne croirez pas devoir statuer sous votre propre responsabilité.

» A. MILLERAND. »

ANNEXE II.

« Le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,

» Vu la loi du 15 juin 1906 sur les distributions d'énergie et notamment les articles 2, 4 et 19 de ladite loi ;

» Vu les avis du comité d'électricité, du comité de l'exploitation technique des chemins de fer et du conseil général des Ponts et Chaussées ;

» Arrête :

CHAPITRE I.

DISPOSITIONS TECHNIQUES GÉNÉRALES APPLICABLES AUX OUVRAGES DES DISTRIBUTIONS D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE.

SECTION I.

CLASSEMENT DES DISTRIBUTIONS ET PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES RELATIVES A LA SÉCURITÉ.

Art. 1^{er}. — *Classement des distributions en deux catégories.*

» Les distributions d'énergie électrique doivent comporter des dispositifs de sécurité en rapport avec la plus grande tension de régime existant entre les conducteurs et la terre (1).

(1) Dans les distributions triphasées, cette tension est évaluée par rapport au point neutre supposé à terre.

» Suivant cette tension, les distributions d'énergie électrique sont divisées en deux catégories.

Première Catégorie.

» A. *Courant continu*. — Distribution dans lesquelles la plus grande tension de régime entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 600 volts.

» B. *Courant alternatif*. — Distribution dans lesquelles la plus grande tension efficace entre les conducteurs et la terre ne dépasse pas 150 volts.

Seconde Catégorie.

» Distributions comportant des tensions respectivement supérieures aux tensions ci-dessus.

Art. 2. — Prescriptions générales relatives à la sécurité.

» Les dispositions techniques adoptées pour les ouvrages de distribution, ainsi que les conditions de leur exécution, doivent assurer d'une façon générale le maintien de l'écoulement des eaux, de l'accès des maisons et des propriétés, des communications télégraphiques et téléphoniques, de la liberté et de la sûreté de la circulation sur les voies publiques empruntées, la protection des paysages, ainsi que la sécurité des services publics, celle du personnel de la distribution et celle des habitants des communes traversées.

SECTION II.

CANALISATIONS AÉRIENNES.

Art. 3. — Supports.

» 1. Les supports en bois doivent être prémunis contre les actions de l'humidité et du sol.

» 2. Dans le cas où les supports sont munis d'un fil de terre, ce fil est pourvu sur une hauteur minimum de trois mètres, à partir du sol, d'un dispositif le plaçant hors d'atteinte.

» 3. Tous les supports sont numérotés.

» 4. Dans les distributions de deuxième catégorie, les pylônes et poteaux métalliques sont pourvus d'une bonne communication avec le sol.

» 5. Dans la traversée des voies publiques, les supports doivent être aussi rapprochés que possible.

Art. 4. — Isolateurs.

» Les isolateurs employés pour les distributions de la deuxième catégorie doivent être essayés dans les conditions ci-après :

» Lorsque la tension à laquelle est soumis l'isolateur en service normal est inférieure ou égale à 10000 volts, la tension d'essai est le triple de la tension en service.

» Lorsque la tension de service normal est supérieure à 10000 volts, la tension d'essai est égale à 30000 volts, plus deux fois l'excès de la tension de service sur 10000 volts.

Art. 5. — Conducteurs.

» 1. Les conducteurs doivent être placés hors de la portée du public.

» 2. Le point le plus bas des conducteurs de toute nature doit être :

» *a.* Pour les distributions de la première catégorie, à 6^m, au moins, le long et à la traversée des voies publiques ;

» *b.* Pour les distributions de la deuxième catégorie, à 6^m, au moins, le long des voies publiques, et à 8^m, au moins, dans les traversées de ces voies.

» Néanmoins, des canalisations aériennes pourront être établies à moins de 6^m de hauteur à la traversée des ouvrages construits au-dessus des voies publiques, à la condition de comporter dans toute la partie à moins de 6^m de hauteur, un dispositif de protection spécial en vue de sauvegarder la sécurité.

» 3. Le diamètre de l'âme métallique des conducteurs d'énergie ne peut être inférieur à 3^{mm}. Toutefois ce diamètre peut être abaissé à 2^{mm} pour les branchements particuliers ou de canalisations d'éclairage public de la première catégorie qui ne croisent pas des lignes télégraphiques ou téléphoniques placées au-dessous.

» 4. Dans la traversée d'une voie publique, l'angle de la direction des conducteurs et de l'axe de la voie est égal au moins à 30°.

» 5. Dans la traversée et dans les portées contiguës, il ne doit y avoir sur les conducteurs ni épissures, ni soudures ; les conducteurs sont arrêtés sur les isolateurs des supports de la traversée et sur les isolateurs des supports des portées contiguës.

» 6. Dans les distributions de deuxième catégorie, les dispositions suivantes doivent être appliquées :

» *a.* Les poteaux et pylônes sont munis, à une hauteur d'au moins 2^m au-dessus du sol, d'un dispositif spécial, pour empêcher, autant que possible, le public d'atteindre les conducteurs ;

» *b.* Les mesures nécessaires sont prises pour que dans les traversées et sur les appuis d'angle les conducteurs d'énergie électrique, au cas où ils viendraient à abandonner l'isolateur, soient encore retenus et ne risquent pas de trainer sur le sol ou de créer des contacts dangereux ;

» *c.* Chaque support porte l'inscription « *Danger de mort* » en gros caractères, suivie des mots « *Défense absolue de toucher aux fils, même tombés à terre* ».

» 7. Dans la traversée des agglomérations, les conducteurs sont placés à 1^m au moins des façades et en tous cas hors de la portée des habitants.

» Si les conducteurs longent un toit en pente ou s'ils passent au-dessus, ils doivent en être distants de 1^m, 50 au moins s'ils sont de la première catégorie, et de 2^m au moins, s'ils sont de la deuxième catégorie.

» Si le toit est en terrasse, les conducteurs doivent en être distants de 3^m au moins, qu'ils appartiennent à la première ou à la deuxième catégorie.

Art. 6. — *Résistance mécanique des ouvrages.*

» 1. Pour les conducteurs, fils, supports, ferrures, etc., la résistance mécanique des ouvrages est calculée en tenant compte à la fois des charges permanentes que les organes ont à supporter et de la plus défavorable en l'espèce des deux combinaisons de charges accidentelles, résultant des circonstances ci-après :

» *a.* Température moyenne de la région avec vent horizontal de 120^{kg} de pression par mètre carré de surface plane ou 72^{kg} par mètre carré de section longitudinale des pièces à section circulaire.

» *b.* Température minimum de la région avec vent horizontal de 30^{ks} par mètre carré de surface plane ou de 18^{ks} par mètre carré de section longitudinale des pièces à section circulaire.

» Les calculs justificatifs font ressortir le coefficient de sécurité de tous les éléments, c'est-à-dire le rapport entre l'effort correspondant à la charge de rupture et l'effort le plus grand auquel chaque élément peut être soumis.

» 2. Dans les distributions de la deuxième catégorie, le coefficient de sécurité des ouvrages, dans les parties de la distribution établies longitudinalement sur le sol des voies publiques, doit être au moins égal à trois.

» Dans les parties des mêmes distributions établies dans les agglomérations ou traversant les voies publiques, la valeur du coefficient de sécurité est portée au moins à 5.

Art. 7. — Distributions de deuxième catégorie desservant plusieurs agglomérations.

» Dans les distributions de deuxième catégorie desservant un certain nombre d'agglomérations distantes les unes des autres, l'entrepreneur de la distribution est tenu d'établir, entre chaque agglomération importante desservie et l'usine de production de l'énergie ou le poste le plus voisin, un moyen de communication directe.

» L'entrepreneur de la distribution est dispensé de la prescription énoncée ci-dessus s'il a été établi à l'entrée de chaque agglomération importante, un appareil permettant de couper le courant toutes les fois qu'il est nécessaire.

SECTION III.

CANALISATIONS SOUTERRAINES.

Art. 8. — Conditions générales d'établissement des conducteurs souterrains.

» 1. Protection mécanique.

» Les conducteurs d'énergie électrique souterrains doivent être protégés mécaniquement contre les avaries que pourraient leur occasionner les tassements des terres, le contact des corps durs ou le choc des outils en cas de fouille.

» 2. Conducteurs électriques placés dans une conduite métallique.

» Dans tous les cas où les conducteurs d'énergie électrique sont placés dans une enveloppe ou conduite métallique, ils sont isolés avec le même soin que s'ils étaient placés directement dans le sol.

» 3. Précaution contre l'introduction des eaux.

» Les conduites contenant des câbles sont établies de manière à éviter autant que possible l'introduction des eaux. Des précautions sont prises pour assurer la prompte évacuation des eaux au cas où elles viendraient à s'y introduire accidentellement.

Art. 9. — Voisinage des conduites de gaz.

» Lorsque dans le voisinage de conducteurs d'énergie électrique placés dans une conduite il existe des canalisations de gaz, les mesures nécessaires doivent être prises pour assurer la ventilation régulière de la conduite renfermant les câbles électriques et éviter l'accumulation des gaz.

Art. 10. — Regards.

» Les regards affectés aux canalisations électriques ne doivent pas renfermer de tuyaux d'eau, de gaz ou d'air comprimé.

» Dans le cas de canalisations en conducteurs nus, les regards sont disposés de manière à pouvoir être ventilés.

» Les conducteurs d'énergie électrique sont convenablement isolés par rapport aux plaques de fermeture des regards.

SECTION IV.

SOUS-STATIONS, POSTES DE TRANSFORMATEURS ET INSTALLATIONS DIVERSES.

Art. 11. — *Prescriptions générales pour l'installation des moteurs et appareils divers.*

» 1. Toutes les pièces saillantes mobiles et autres parties dangereuses des machines et notamment les bielles, roues, volants, les courroies et câbles, les engrenages, les cylindres et cônes de friction ou tous autres organes de transmission qui seraient reconnus dangereux sont munis de dispositifs protecteurs, tels que gaines et chéneaux de bois ou de fer, tambours pour les courroies et les bielles, ou de couvre-engrenages, garde-mains, grillages.

» Sauf le cas d'arrêt du moteur, le maniement des courroies est toujours fait par le moyen de systèmes tels que monte-courroie, porte-courroie, évitant l'emploi direct de la main.

» On doit prendre, autant que possible, des dispositions telles qu'aucun ouvrier ne soit habituellement occupé à un travail quelconque, dans le plan de rotation ou aux bords immédiats d'un volant, ou de tout autre engin pesant et tournant à grande vitesse.

» 2. La mise en train et l'arrêt des machines sont toujours précédés d'un signal convenu.

» 3. Des dispositifs de sûreté sont installés dans la mesure du possible pour le nettoyage et le graissage des transmissions et mécanismes en marche.

» 4. Les monte-charges, ascenseurs, élévateurs sont guidés et disposés de manière que la voie de la cage du monte-charges et des contrepoids soit fermée; que la fermeture du puits à l'entrée des divers étages ou galeries s'effectue automatiquement; que rien ne puisse tomber du monte-charges dans le puits.

» Pour les monte-charges destinés à transporter le personnel, la charge est calculée au tiers de la charge admise pour le transport des marchandises, et les monte-charges sont pourvus de freins, chapeaux, parachutes ou autres appareils préservateurs.

» Les appareils de levage portent l'indication du maximum de poids qu'ils peuvent soulever.

» 5. Les puits, trappes et ouvertures sont pourvus de solides barreaux ou garde-corps.

» Dans les locaux où le sol et les parois sont très conducteurs, soit par construction, soit par suite de dépôts salins ou par suite de l'humidité, on ne doit jamais établir, à la portée de la main, des conducteurs ou des appareils placés à découvert.

Art. 12. — *Prescriptions relatives aux moteurs, transformateurs et appareils de la deuxième catégorie.*

» 1. Les locaux non gardés dans lesquels sont installés des transformateurs de deuxième catégorie doivent être fermés à clef.

» Des écriteaux très apparents sont apposés partout où il est nécessaire pour prévenir le public du danger d'y pénétrer.

» 2. Si une machine ou un appareil électrique de la deuxième catégorie se trouve dans un local ayant en même temps une autre destination, la partie du local affectée à cette machine ou à cet appareil est rendue inaccessible, par un garde-corps ou un dispositif équivalent, à toute personne autre que celle qui en a la charge. Une mention indiquant le danger doit être affichée en évidence.

» 3. Les bâtis et pièces conductrices non parcourus par le courant qui appartiennent à des moteurs et transformateurs de la deuxième catégorie sont reliés électriquement à la terre ou isolés électriquement du sol. Dans ce dernier cas, les machines sont entourées par un plancher de service non glissant, isolé du sol et assez développé pour qu'il ne soit pas possible de toucher à la fois à la machine et à un corps conducteur quelconque relié au sol.

» La mise à la terre ou l'isolement électrique est constamment maintenu en bon état.

» 4. Les passages ménagés pour l'accès aux machines et appareils de la deuxième catégorie placés à découvert ne peuvent avoir moins de 2 mètres de hauteur; leur largeur mesurée entre les machines, conducteurs ou appareils eux-mêmes, aussi bien qu'entre ceux-ci et les parties métalliques de la construction, ne doit pas être inférieure à 1 mètre.

•

Art. 13. — Installations des canalisations à l'intérieur des sous-stations et postes de transformateurs.

» 1. A l'intérieur des sous-stations et postes de transformateurs, les canalisations nues de la deuxième catégorie doivent être établies hors de la portée de la main sur des isolateurs convenablement espacés et être écartées des masses métalliques, telles que piliers ou colonnes, gouttières, tuyaux de descente, etc.

» Les canalisations nues de la première catégorie qui sont à la portée de la main doivent être signalées à l'attention par une marque apparente.

» Les enveloppes des autres canalisations doivent être convenablement isolantes.

» 2. Des dispositions doivent être prises pour éviter l'échauffement anormal des conducteurs, à l'aide de coupe-circuits, fusibles ou autres distributeurs équivalents.

» 3. Toute installation reliée à un réseau comportant des lignes aériennes de plus de 500 mètres doit être suffisamment protégée contre les décharges atmosphériques.

•

Art. 14. — Tableaux de distribution.

» A. Distributions de la première catégorie :

» Sur les tableaux de distribution de courants appartenant à la première catégorie, les conducteurs doivent présenter les isollements et les écartements propres à éviter tout danger.

» B. Distributions de la deuxième catégorie :

» 1. Sur les tableaux de distribution portant sur leur face avant (où se trouvent les poignées de manœuvre et les instruments de lecture) des appareils et pièces métalliques de la deuxième catégorie, le plancher de service doit être isolé électriquement et établi dans les conditions indiquées à l'article 12.

» 2. Quand des pièces métalliques ou appareils de la deuxième catégorie sont établis à découvert sur la face arrière du tableau, un passage entièrement libre de 1 m de largeur et de 2 m de hauteur au moins est réservé derrière lesdits appareils et pièces métalliques ; l'accès de ce passage est défendu par une porte fermant à clef, laquelle ne peut être ouverte que par ordre du chef de service ou par ses préposés à ce désignés ; l'entrée en sera interdite à toute autre personne.

» 3. Tous les conducteurs et appareils de la deuxième catégorie doivent, notamment sur les tableaux de distribution, être nettement différenciés des autres par une marque très apparente (une couche de peinture par exemple).

Art. 15. — *Locaux accumulateurs.*

» Dans les locaux où se trouvent des batteries d'accumulateurs, toutes les précautions sont prises pour éviter l'accumulation des gaz détonants ; la ventilation de ces locaux doit assurer l'évacuation continue des gaz dégagés.

» Les lampes à incandescence employées dans ces locaux sont à double enveloppe.

Art. 16. — *Éclairage de secours.*

» Les salles des sous-stations doivent posséder un éclairage de secours en état de fonctionner en cas d'arrêt du courant.

Art. 17. — *Mise à terre des colonnes et autres pièces métalliques des sous-stations et postes de transformateurs.*

» Les colonnes, les supports et, en général, toutes les pièces métalliques des sous-stations et postes de transformateurs qui risqueraient d'être soumis à une tension de la deuxième catégorie doivent être convenablement reliés à la terre.

SECTION V.

BRANCHEMENTS PARTICULIERS.

Art. 18. — *Prescriptions générales.*

» Les branchements particuliers doivent être munis de dispositifs d'interruption auxquels l'entrepreneur de la distribution doit avoir accès en tout temps.

Art. 19. — *Canalisations aériennes.*

» Les conducteurs aériens formant branchement particuliers doivent être protégés dans toutes les parties où ils sont à la portée des personnes.

Art. 20. — *Canalisations souterraines.*

» Les conducteurs souterrains d'énergie électrique formant branchements particuliers doivent être recouverts d'un isolant protégé mécaniquement d'une façon suffisante, soit par l'armature du câble conducteur, soit par des conduites en matière résistante et durable.

CHAPITRE II.

DISPOSITIONS SPÉCIALES APPLICABLES AUX OUVRAGES DE DISTRIBUTION DANS LA TRAVERSÉE DES COURS D'EAU, DES CANAUX DE NAVIGATION ET DES LIGNES DE CHEMIN DE FER, AINSI QU'aux OUVRAGES SERVANT A LA TRACTION PAR L'ÉLECTRICITÉ.

Art. 21. — *Prescriptions générales.*

» Les prescriptions du Chapitre I sont applicables aux parties de distributions d'énergie électrique traversant les fleuves, les rivières navigables ou flottables, les

canaux de navigation ou les chemins de fer, ainsi qu'aux ouvrages servant à la traction par l'électricité, sous réserve des dispositions spéciales énoncées au présent chapitre.

SECTION I.

TRAVERSÉE DES COURS D'EAU ET DES CANAUX DE NAVIGATION PAR DES CANALISATIONS AÉRIENNES.

Art. 22. — *Hauteur des conducteurs.*

» 1. A la traversée des cours d'eau navigables et des canaux de navigation, la hauteur minimum des conducteurs au-dessus du plan d'eau est fixée, dans chaque cas, suivant la nature des bateaux fréquentant ces rivières et le mode de navigation.

» Cette hauteur ne peut être inférieure à 8 m au-dessus des plus hautes eaux navigables. Toutefois, dans les bras où la navigation est impraticable, elle peut être réduite à 3 m au-dessus des plus hautes eaux.

» 2. La même hauteur minimum de 8 m est applicable à la traversée des autres rivières du domaine public, mais elle peut être réduite à la traversée des cours d'eau classés comme flottables, lorsque le flottage n'est pas effectivement pratiqué, sous réserve que cette hauteur ne sera pas inférieure à 3 m au-dessus des plus hautes eaux.

Art. 23. — *Coefficient de sécurité de l'installation dans la traversée des cours d'eau et des canaux de navigation.*

» Le coefficient de sécurité de l'installation dans la traversée des cours d'eau navigables et des canaux de navigation, est au moins égal à 5 et, pour la traversée des autres rivières du domaine public, au moins égal à 3.

» Le même coefficient 3 est applicable aux installations faites sur les dépendances des cours d'eau et des canaux qui ne sont pas ouvertes à la circulation publique et en particulier sur les emplacements réservés au halage.

SECTION II.

TRAVERSÉE DES LIGNES DE CHEMINS DE FER.

Art. 24. — *Dispositions générales.*

» 1. Pour traverser un chemin de fer, toute canalisation électrique doit, de préférence, emprunter un ouvrage d'art (passage supérieur ou passage inférieur) et, autant que possible, ne pas franchir cet ouvrage en diagonale.

» A défaut de pouvoir, en raison de circonstances locales, emprunter un ouvrage d'art, la canalisation doit autant que possible effectuer la traversée en un point de moindre largeur de l'emprise du chemin de fer.

» 2. La ligne dont fait partie la canalisation traversant le chemin de fer doit pouvoir être coupée du reste de la distribution et isolée de tout générateur possible de courant.

» Des dispositions spéciales devront être prises, quand il y aura lieu, pour la protection des ouvrages traversés, notamment lorsqu'ils comporteront des parties métalliques.

Art. 25. — *Canalisations aériennes.*

» 1. Toute canalisation aérienne, qui n'emprunte pas un ouvrage d'art, doit franchir les voies ferrées d'une seule portée et suivant une direction aussi voisine que

possible de la normale à ces voies et, en tous cas, sous un angle d'au moins 60°, à moins qu'elle ne soit établie le long d'une voie publique traversant la voie ferrée sous un angle moindre. Son point le plus bas doit être situé à 7 m au moins de hauteur au-dessus du rail le plus haut; elle doit être établie à 2 m au moins de distance dans le sens vertical du conducteur électrique préexistant le plus voisin.

» 2. Les supports de la traversée doivent être distants chacun d'au moins 3 m du bord extérieur du rail le plus voisin, et placés autant que possible en dehors des lignes de conducteurs électriques existant le long des voies.

» 3. Les supports de la traversée sont encastrés dans un massif de maçonnerie et constitués de façon assez solide pour pouvoir, en cas de rupture de tous les fils les sollicitant d'un côté, résister à la traction qu'exerceraient sur eux les fils subsistant de l'autre côté, à moins que l'entrepreneur n'ait fait agréer une disposition équivalente au point de vue de la sécurité.

» 4. En outre des prescriptions indiquées au chapitre I, notamment en ce qui concerne les traversées, chaque conducteur est relié, sur chacun de ses supports, à deux isolateurs.

» 5. A chacun des supports est fixé un cadre que traverse tout le faisceau des conducteurs afin qu'aucun d'eux ne puisse tomber sur la voie ferrée, en cas de rupture d'un ou plusieurs isolateurs.

» 6. Les supports métalliques sont pourvus d'une bonne communication avec le sol.

» 7. Le coefficient de sécurité de l'installation constituant la traversée, calculé conformément aux indications de l'article 6 ci-dessus, est au moins égal à 5 pour les maçonneries de fondations et à 10 pour les organes constituant la superstructure. Toutefois, le coefficient 5 est aussi applicable aux parties en bois entrant dans la superstructure.

Art. 26. — *Canalisations souterraines.*

» 1. Les canalisations souterraines doivent être en câbles armés des meilleurs modèles connus, comportant une chemise de plomb, sans soudure, et une armure métallique.

» Les câbles sont noyés dans le sol, non pas seulement à la traversée des voies ferrées, mais encore de part et d'autre et jusqu'à 3 m au moins au delà des lignes électriques existant le long des voies.

» 2. Les câbles sont placés dans des conduites d'au moins 6 cm de diamètre extérieur, prolongées de part et d'autre des deux rails extérieurs des voies, de telle façon que l'on puisse, sans opérer aucune fouille sous les voies et le ballast, poser et retirer lesdits câbles.

» Sur le reste de leur parcours, dans l'emprise du chemin de fer, les câbles peuvent être placés à nu dans le sol, mais à une profondeur de 70 cm au moins en contrebas de la plate-forme des terrassements.

» Les câbles armés employés dans la traversée ne peuvent être mis en place qu'après que les essais à l'usine démontrent que leur isolant résiste à la rupture à l'action d'un courant alternatif, sous une différence de potentiel au moins double de la tension prévue en service.

SECTION III.

PRESRIPTIONS RELATIVES A L'ÉTABLISSEMENT DES OUVRAGES SERVANT A LA TRACTION
PAR L'ÉLECTRICITÉ AU MOYEN DU COURANT CONTINU ⁽¹⁾.

Art. 27. — *Tensions des distributions par traction.*

» Les dispositions de l'article 3, paragraphe 4, de l'article 3, paragraphes 2*b*, 4 et 6, de l'article 23 et des deux premiers alinéas du paragraphe 3 de l'article 31 ne visent pas les conducteurs de prise de courant, ni leurs supports, ni les autres lignes placées sur ces supports ou en dehors de la voie publique ou inaccessibles au public, si la tension entre ces conducteurs et la terre ne dépasse pas 1000 volts.

Art. 28. — *Voie.*

» Quant les rails de roulement sont employés comme conducteurs, toutes les mesures nécessaires sont prises pour protéger contre l'action nuisible des courants dérivés les masses métalliques telles que les voies ferrées du chemin de fer, les conduites d'eau et de gaz, les lignes télégraphiques ou téléphoniques, toutes autres lignes électriques, etc.

» A cet effet seront notamment appliquées les prescriptions suivantes :

» 1. La conductance de la voie est assurée dans les meilleures conditions possibles, notamment en ce qui concerne les joints dont la résistance ne doit pas dépasser pour chacun d'eux celle de 10 m de rail normal.

» L'exploitant est tenu de vérifier périodiquement cette conductance et de consigner les résultats obtenus sur un registre qui doit être présenté à toute réquisition du service du contrôle.

» 2. La perte de charge dans les voies, mesurée sur une longueur de voie de 1 km prise arbitrairement sur une section quelconque du réseau, ne doit pas dépasser en moyenne 1 volt pendant la durée effective de la marche normale des voitures.

» 3. Les artères, reliées à la voie, sont isolées.

» 4. Aux points où la voie de roulement comporte des aiguillages ou des coupures, la conductance est assurée par des dispositions spéciales.

» 5. Lorsque la voie passe sur un ouvrage métallique, elle est autant que possible isolée électriquement dans la traversée de l'ouvrage.

» 6. Aussi longtemps qu'il n'existe pas de masses métalliques dans le voisinage des voies, une perte de charge supérieure aux limites fixées au paragraphe 2 peut être admise, à la condition qu'il n'en résulte aucun inconvénient et en particulier aucun trouble dans les communications télégraphiques ou téléphoniques, ni dans les lignes de signaux de chemins de fer.

» 7. L'entrepreneur de la distribution est tenu de faire les installations nécessaires pour permettre au service du contrôle de vérifier l'application des prescriptions du présent article; il doit notamment disposer, s'il y a nécessité, des fils pilotes entre les points désignés de la distribution.

(1) Les projets de traction par l'électricité au moyen du courant alternatif doivent être soumis au Ministre des Travaux publics toutes les fois que les canalisations empruntent la voie publique.

Art. 29. — Protection des lignes aériennes voisines.

» A tous les points où les lignes assurant le service de traction croisent d'autres lignes de distribution ou des lignes télégraphiques ou téléphoniques, les dispositifs doivent être établis en vue de protéger mécaniquement ces lignes contre les contacts avec les conducteurs aériens servant à la traction.

» Des dispositions sont prises pour qu'en aucun cas l'appareil de prise de courant ne puisse atteindre les lignes voisines.

Art. 30. — Fils transversaux servant à la suspension des conducteurs de prise de courant.

» Les fils transversaux servant à la suspension des conducteurs de prise de courant sont isolés avec soin de ces conducteurs et de la terre.

» Partout où il est nécessaire, ces fils doivent être munis de dispositifs d'arrêt destinés à retenir les fils télégraphiques, téléphoniques ou de signaux qui viendraient à tomber et à glisser jusqu'au conducteur de prise de courant.

CHAPITRE III.

PROTECTION DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES, TÉLÉPHONIQUES OU DE SIGNAUX.

Art. 31. — Voisinage des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux et des canalisations aériennes (1).

» 1. En aucun cas, la distance entre les conducteurs d'énergie électrique et les fils télégraphiques, téléphoniques ou de signaux ne doit être inférieure à 1 m.

» 2. Lorsque les conducteurs d'énergie électrique parcourus par des courants de la deuxième catégorie suivent parallèlement une ligne télégraphique, téléphonique ou de signaux, la distance minimum à établir entre ces lignes doit être augmentée de manière qu'en aucun cas il ne puisse y avoir de contact accidentel.

» Cette distance ne peut être inférieure à 2 m, excepté si les conducteurs sont fixés sur toute leur longueur, auquel cas la distance peut être réduite à 1 m comme pour toutes autres lignes.

» 3 Aux points de croisement, les conducteurs d'énergie sont autant que possible placés au-dessus des fils télégraphiques, téléphoniques ou de signaux.

» Si les conducteurs d'énergie sont au-dessus des fils télégraphiques, téléphoniques ou de signaux, il est fait application des dispositions de l'article 3, paragraphe 5, et de l'article 5, paragraphes 5 et 6b.

» Si les conducteurs d'énergie sont au-dessous des fils télégraphiques, téléphoniques ou de signaux, et s'ils sont parcourus par des courants de deuxième catégorie, un dispositif de garde efficace, pourvu d'une bonne communication avec le sol, est solidement établi entre les deux sortes de conducteurs.

» Une disposition analogue peut, en cas de nécessité, être imposée pour les conducteurs de première catégorie.

(1) *Nota.* — Il est rappelé que les frais des modifications jugées nécessaires des lignes télégraphiques ou téléphoniques préexistantes à celles de la distribution incombent à l'entrepreneur de cette distribution.

» Dans les deux cas qui précèdent, les lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux sont dûment consolidées.

» Lorsque les dispositions prévues au présent paragraphe ne peuvent être appliquées, les lignes préexistantes doivent être modifiées.

» 4 Au voisinage des ouvrages de distribution, il pourra être établi, s'il est jugé nécessaire, des coupe-circuits spéciaux sur les fils télégraphiques, téléphoniques ou de signaux intéressés.

Art. 32. — *Voisinage des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux et des canalisations souterraines.*

» 1. Lorsque des conducteurs souterrains d'énergie électrique suivent une direction commune avec une ligne télégraphique, téléphonique ou de signaux souterrains et que les deux canalisations sont établies en tranchée, une distance minimum de 1 m doit exister entre ces conducteurs et la ligne télégraphique, téléphonique ou de signaux, à moins qu'ils ne soient séparés par une cloison.

» 2 Lorsque des conducteurs souterrains croisent une ligne télégraphique, téléphonique ou de signaux, ils doivent être placés à une distance minimum de 50 cm des lignes télégraphiques, téléphoniques ou de signaux, à moins qu'ils ne présentent, en ces points, au point de vue de la sécurité publique, de l'induction et des dérivations, des garanties équivalentes à celle des câbles concentriques ou cordés à enveloppe de plomb et armés.

Art. 33. — *Lignes téléphoniques, télégraphiques ou de signaux affectés à l'exploitation des distributions de deuxième catégorie.*

» Les lignes téléphoniques, télégraphiques ou de signaux, qui sont montées, en tout ou en partie de leur longueur, sur les mêmes supports qu'une ligne électrique de la deuxième catégorie, sont assimilées, pour les conditions de leur établissement, aux lignes électriques de cette même catégorie. En conséquence, elles sont soumises aux prescriptions applicables à ces lignes.

» Les lignes téléphoniques, télégraphiques ou de signaux sont toujours placées au-dessous des conducteurs d'énergie électrique.

» En outre, leurs postes de communication, leurs appareils de manœuvre ou d'appel sont disposés de telle manière qu'il ne soit possible de les utiliser ou de les manœuvrer qu'en se trouvant dans les meilleures conditions d'isolement par rapport à la terre, à moins que leurs appareils ne soient disposés de manière à assurer l'isolement de l'opérateur par rapport à la ligne.

CHAPITRE IV.

ENTRETIEN DES OUVRAGES. — EXPLOITATION DES DISTRIBUTIONS.

Art. 34. — *Précautions à prendre dans les travaux d'entretien des lignes.*

Lignes de première catégorie.

» Aucun travail ne peut être entrepris sur des conducteurs de la première catégorie en charge ou sur des conducteurs placés sur les mêmes supports que des conducteurs de deuxième catégorie sans que des précautions suffisantes assurent la sécurité de l'opérateur.

Lignes de deuxième catégorie.

» 1. Il est formellement interdit de faire exécuter sur les lignes de la deuxième catégorie aucun travail sans qu'elles aient été, au préalable, isolées de tout générateur possible de courant.

» 2. La communication ne peut être rétablie que lorsqu'il y a certitude que les ouvriers ne travaillent plus sur la ligne.

» A cet effet, l'ordre de rétablissement du courant ne peut être donné que par le chef de service ou son délégué, et seulement après qu'il se sera assuré que le travail est terminé et que tout le personnel de l'équipe est réuni en un point de ralliement fixé à l'avance.

» Pendant toute la durée du travail, toutes dispositions utiles doivent être prises pour que le courant ne puisse être rétabli sans ordre exprès du chef de service ou de son délégué.

» 3. Les mesures indiquées aux deux paragraphes précédents peuvent être remplacées par l'emploi de dispositifs spéciaux permettant, soit au chef d'équipe, en cas de travail par équipe, de protéger lui-même l'équipe, soit aux ouvriers isolés de se protéger eux-mêmes par des appareils de coupure pendant toute la durée du travail.

» 4. Dans les cas exceptionnels où il est nécessaire qu'un travail soit entrepris sur des lignes en charge de la deuxième catégorie, il ne doit y être procédé que sur l'ordre exprès du chef de service et avec toutes les précautions de sécurité qu'il indiquera.

ART. 35. — Élagage des plantations.

» 1. Sur les voies publiques empruntées par une distribution d'énergie électrique, l'élagage des arbres plantés en bordure de ces voies publiques soit sur le sol de ces voies, soit sur les propriétés particulières, doit être effectué aussi souvent que la sécurité de la distribution l'exige.

» S'il en est requis par le service du contrôle, l'entrepreneur de la distribution est tenu de procéder à cet élagage, en se conformant aux instructions du service de voirie.

» 2. Il est interdit de faire exécuter les élagages, ou des travaux analogues pouvant mettre directement ou indirectement le personnel en contact avec des conducteurs électriques ou pièces métalliques de la deuxième catégorie, sans avoir pris des précautions suffisantes pour assurer la sécurité du public et du personnel par des mesures efficaces d'isolement.

ART. 36. — Affichage des prescriptions relatives à la sécurité dans les distributions de deuxième catégorie.

» Les chefs d'industrie, directeurs ou gérants, sont tenus d'afficher dans un endroit apparent des salles contenant des installations de la deuxième catégorie :

» 1° Un ordre de service indiquant qu'il est dangereux et formellement interdit de toucher aux pièces métalliques ou conducteurs soumis à une tension de la deuxième catégorie, même avec des gants en caoutchouc, ou de se livrer à des travaux sur ces pièces ou conducteurs, même avec des outils à manche isolant ;

» 2° Des extraits du présent arrêté et une instruction sur les premiers soins à donner aux victimes des accidents électriques rédigée conformément aux termes qui seront fixés par un arrêté ministériel.

CHAPITRE V.

DISPOSITIONS DIVERSES.

Art. 37. — *Interdiction d'employer la terre.*

- » Il est interdit d'employer la terre comme partie du circuit de la distribution.

Art. 38. — *Voisinage des magasins à poudre et poudreries.*

» Aucun conducteur d'énergie électrique ne peut être établi à moins de 20 m d'une poudrerie ou d'un magasin à poudre, à munitions ou à explosifs, si ce conducteur est aérien; de 10 m si ce conducteur est souterrain.

» Cette distance se compte à partir de l'aplomb extérieur de la clôture qui entoure la poudrerie ou du mur d'enceinte spécial qui entoure le magasin. S'il n'existe pas de mur, on devra considérer comme limite :

» 1° D'un magasin enterré, le pied du talus du massif de terre recouvrant les locaux;

» 2° D'un magasin souterrain, le polygone convexe circonscrit à la projection horizontale sur le sol des locaux et des gaines ou couloirs qui mettent ces locaux en communication avec l'extérieur.

Art. 39. — *Conditions d'application du présent règlement.*

» 1. Des dérogations aux prescriptions du présent arrêté peuvent être accordées par le Ministre des Travaux publics, après avis du Comité d'électricité.

» 2. Le présent règlement ne fait pas obstacle à ce que le service du contrôle, lorsque la sécurité l'exige, impose des conditions spéciales pour l'établissement des distributions, sauf recours des intéressés au Ministre des Travaux publics.

» 3. Le présent arrêté annule et remplace l'arrêté du 21 mars 1908.

» A. MILLERAND. »

Paris, le 21 mars 1910.

ANNEXE III.

12 mars 1910.

« MONSIEUR ET CHER COLLÈGUE,

» Les premiers renseignements que nous possédons sur la remise en service du matériel électrique récemment inondé nous portent à estimer que ce matériel a relativement peu souffert d'un séjour prolongé dans l'eau.

» Vu l'intérêt qu'il y aurait à faire connaître ce résultat à nos collègues, et en général aux industriels qui font usage de matériel électrique, la première Section du Comité de la Société internationale des Électriciens a porté cette question au programme de ses premiers travaux.

» En conséquence, je vous serais reconnaissant de bien vouloir nous communiquer

les renseignements que vous pourriez posséder sur ce sujet et qui pourraient nous permettre de faire un travail d'ensemble.

» Avec mes remerciements pour le concours que vous voudrez bien nous accorder, veuillez agréer, Monsieur et cher Collègue, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

» Le Président de la première Section,

» E. J. BRUNSWICK. »

ANNEXE IV.

9 avril 1910.

« MONSIEUR ET CHER COLLÈGUE,

» La première Section du Comité a commencé l'étude des questions récemment portées à son ordre du jour.

- » 1° Accidents dus aux surtensions et courts-circuits dans les machines;
- » 2° Conséquences, pour le matériel électrique, des récentes inondations.

» La première Section désirant donner à ces enquêtes un caractère d'intérêt commun et essentiellement technique, je crois utile de vous signaler, pour faciliter l'envoi des communications s'y référant, que celles-ci peuvent faire abstraction complète de toute indication concernant l'origine du matériel.

» Les notices ci-annexées précisent, d'ailleurs, la nature des renseignements sollicités, vous laissant le soin de les compléter dans telle mesure qui vous conviendrait.

» Le classement des documents recueillis et leur analyse seront l'objet des travaux de la première Section, à laquelle je vous serais reconnaissant d'apporter votre concours en me retournant les notices en question dûment complétées d'ici au 20 avril (1).

» En cette attente, je vous prie d'agréer, Monsieur et cher Collègue, l'assurance de mes sentiments distingués.

» Le Président de la première Section,

» E. J. BRUNSWICK. »

ANNEXE V.

9 avril 1910.

Renseignements concernant les conséquences, pour le matériel électrique, des récentes inondations.

- | | |
|--|--|
| 1° Nombre des appareils immergés
de chaque espèce et conditions
de régime..... | |
| 2° Époque de la construction ;
nature des isolants employés
pour les divers organes..... | |
| 3° Durée de l'immersion..... | |
| 4° État des machines après l'im-
mersion | |
| Valeurs des isollements des divers
organes entre eux et par rap-
port à la masse | |
| Nature des isolants..... | |
| 5° Précautions prises pour la mise
en service..... | |
| 6° Résultats obtenus | |

Renseignements à communiquer à M. le PRÉSIDENT de la 1^{re} section du Comité de la
Société internationale des Électriciens, 14, rue de Staël, Paris (XV^e).

ANNEXE VI.

5 juillet 1910.

*Renseignements concernant les conséquences des inondations
sur le matériel électrique.*

(Canalisation et appareillage.)

- « 1° *Nature du matériel immergé.*
- » A. Nombre des appareils immergés de chaque espèce et conditions de régime ;
 - » Époque de la construction ;
 - » Nature du courant et valeur de la tension de régime.
- B. *Canalisations* (conducteurs nus ; — sur isolateurs ; nature des isolateurs ; cas

particulier des rails de prise de courant et des fils de trolley; conducteurs isolés au papier, au caoutchouc, à la toile huilée, etc.; conducteurs sous plomb (nombre de couches de plomb); conducteurs armés; (conducteurs sous tubes métalliques, isolés ou non intérieurement, etc.;

- » C. *Appareillage* : interrupteurs, commutateurs, électro-aimants.
- » Nature et mode de construction des contacts, enroulements, supports isolants.
- » Cas particulier du matériel de traction, des signaux, des appareils télégraphiques et téléphoniques.
- » 2° Durée de l'immersion.
- » Longueur des canalisations immergées, profondeur d'immersion des appareils ou conducteurs;
- » 3° Circonstances locales.
- » Présence de boues, de piles ou d'accumulateurs noyés avec courant maintenu pendant l'immersion;
- » Phénomènes d'électrolyse constatés dans ces conditions.
- » 4° État du matériel après l'immersion;
- » Valeur des isollements des divers organes,
- » 5° Moyens employés pour le séchage;
- » Précautions prises pour la mise en service.
- » 6° Résultats obtenus;
- » 7° Accidents provoqués par la persistance de l'humidité à longue échéance.

ANNEXE VII.

12 mars 1910.

« MONSIEUR ET CHER COLLÈGE,

» Les applications des machines de grande puissance et particulièrement à vitesse de rotation élevée, telles que les turbo-générateurs, par exemple, impliquant l'usage de flux importants, ont appelé, à diverses reprises, l'attention des techniciens sur certains phénomènes.

» Des accidents paraissant de nature systématique ont été observés, notamment à la suite de surtensions ou de courts-circuits sur les réseaux; les constructeurs et les exploitants semblent, au moins jusqu'à ce jour, dépourvus de méthodes bien déterminées permettant de mettre les machines à l'abri de ces troubles.

» Dans un but d'intérêt général, que vous apprécierez certainement, la première Section du Comité de la Société Internationale des Électriciens a décidé d'insérer au programme de ses travaux la recherche des moyens de protection des machines dynamos contre les surtensions et courts-circuits des réseaux et de faire appel au concours de tous les Ingénieurs électriciens que ce problème est susceptible d'intéresser.

» Comptant que vous voudrez bien accorder à la première Section votre précieux concours, je vous serais obligé de me signaler les accidents dont vous auriez eu con-

naissance, ainsi que tous les détails capables d'en éclairer la nature précise; je me permets d'appeler, à ce propos, votre attention sur l'intérêt que présenterait une description bien détaillée de chaque accident et des circonstances concomitantes.

» Ces renseignements feront l'objet d'une discussion dès la prochaine séance de la première Section, pour laquelle vous trouverez ci-jointe une convocation régulière.

» En vous remerciant à l'avance de la collaboration que vous voudrez bien apporter à nos travaux, je vous prie de croire, Monsieur et Cher Collègue, à l'assurance de mes sentiments distingués.

» Le Président de la première Section,

» E. J. BRUNSWICK. »

ANNEXE VIII.

9 avril 1910.

Renseignements concernant les accidents dus aux surtensions et courts-circuits dans les machines (générateurs, moteurs, convertisseurs, transformateurs).

- | | |
|----|---|
| 1° | Caractéristiques du régime des machines..... |
| | Tension aux bornes..... |
| | Intensité..... |
| | Puissance utile..... |
| | Vitesse de rotation..... |
| | Fréquence..... |
| | Rapport de transformation |
| 2° | Conditions du régime au moment où s'est manifesté l'accident.. |
| 3° | Phénomènes observés au cours de celui-ci..... |
| 4° | État des appareils après l'accident; constatations diverses.. |
| 5° | Observations concernant la répartition de l'échauffement des divers organes des machines. |

Renseignements à faire parvenir à M. le PRÉSIDENT de la 1^{re} section du Comité de la Société internationale des Électriciens, 14, rue de Staël, Paris (XV^e.)

ANNEXE IX.

UNION DES SYNDICATS DE L'ÉLECTRICITÉ.

Syndicat professionnel des Industries électriques.

Syndicat professionnel des Usines d'électricité.

Instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques.

ARTICLE PREMIER.

DÉSIGNATION DE LA PUISSANCE.

1. Puissance. — La puissance pour laquelle la machine a été vendue doit être mentionnée sur une plaque fixée à la machine; elle est exprimée :

- a.* Pour les *génératrices à courant continu*, en kilowatts aux bornes ;
- b.* Pour les *génératrices à courant alternatif* et les *transformateurs statiques*, en kilowatts aux bornes ;
- c.* Pour les *réceptrices*, en kilowatts ou en chevaux de 75 kgm par seconde disponibles sur l'arbre.

2. Indication des constantes. — On indiquera, en outre, sur la plaque de la machine :

- a.* Le *facteur de puissance*, à la puissance normale, des machines ou appareils présentant un déphasage. Lorsque le facteur de puissance des génératrices n'aura pas été spécifié, il sera supposé égal à 0,8 et la puissance des excitatrices sera déterminée par cette condition ;
- b.* Pour la *marche continue*, à la puissance normale, la vitesse de rotation en tours par minute, la fréquence, le rapport de transformation, la tension (composée en cas de courants triphasés ou hexaphasés : primaire et secondaire en cas de transformation), le courant (primaire et secondaire en cas de transformation) ;
- c.* Pour la *marche à régime variable*, les limites de la tension et du courant ;
- d.* Pour les *machines à marche intermittente* (pont roulant, grue, ascenseur, etc.), la puissance pour une durée de fonctionnement d'une heure, en ajoutant la mention : « marche intermittente ».

ART. II.

ÉLEVATION DE TEMPÉRATURE.

3. Température maxima. — La température maxima d'une machine ou d'un transformateur doit être compatible avec la conservation de l'isolant.

4. Méthodes de mesure. — Les températures seront mesurées au thermomètre sur la partie accessible la plus chaude.

Cependant, pour les *génératrices, moteurs et transformateurs non immergés*, la température des circuits d'excitation parcourus par du courant continu, ainsi que celle de tous les enroulements fixes, pourra être déterminée par l'augmentation de résistance.

La température des *transformateurs immergés* sera mesurée au thermomètre plongé dans l'huile à la hauteur des enroulements et à leur partie supérieure.

5. *Échauffements.* — La différence entre la température mesurée et la température ambiante ne devra pas dépasser :

Enroulements mobiles. — a. Pour les enroulements mobiles :

Avec isolement au coton	50° C.
— au papier	60° C.
— au mica ou à l'amiante ou préparations équivalentes	80° C.

Enroulements fixes. — b. Pour les enroulements fixes : les valeurs spécifiées pour les enroulements mobiles augmentées de 10°.

Transformateurs. — c. Pour les enroulements haute et basse tension de transformateurs immergés ou non :

Avec isolement au coton	60° C.
— au papier	70° C.
— au mica ou à l'amiante ou préparations équivalentes	90° C.

Fers et pièces conductrices nues. — d. Pour les fers de circuits magnétiques et pour les pièces conductrices nues : 90° mesurés au thermomètre.

Collecteurs. — e. Pour les collecteurs : 60° mesurés au thermomètre.

Paliers. — f. Pour les paliers : 45° mesurés au thermomètre.

6. *Machines à collecteurs en service continu de jour et de nuit et machines de plus de 2000 volts.* — Pour les machines à collecteurs destinées à un service continu de jour et de nuit et pour les machines de plus de 2000 volts (à l'exclusion des transformateurs) les limites d'échauffement ci-dessus seront abaissées de 5°.

7. *Température ambiante.* — Les limites d'échauffement ci-dessus supposent une température ambiante égale à 35° C.

8. Le thermomètre indiquant la température ambiante sera placé sur le trajet de l'aspiration à 1 m environ de la machine et à l'abri de toute influence étrangère.

Si la température ambiante varie pendant la durée de l'essai, on prendra pour sa valeur la moyenne du dernier quart du temps d'essai.

9. *Corrections relatives à la température ambiante.* — a. Si l'essai est effectué à une température ambiante inférieure à 35° C., les limites d'échauffement définies au

paragraphe 5 seront réduites dans le rapport $\frac{1}{1 + 0,005(35 - \theta)}$, θ étant la température ambiante durant l'essai.

b. Si la machine est appelée à fonctionner dans un local où la température ambiante doit être supérieure à 35° C., les limites d'échauffement définies au paragraphe 5 seront réduites ⁽¹⁾, dans le rapport $\frac{1}{1 + 0,005(\theta' - 35)}$, θ' étant, en service, la température ambiante présumée du local.

10. *Coefficient de température du cuivre.* — Dans le calcul des températures par l'augmentation de résistance du cuivre, on admettra comme coefficient de température la valeur de 0,004 par degré centigrade, à moins qu'il n'en ait été spécifié autrement.

11. *Relevé des températures.* — Les températures seront déterminées comme il est indiqué ci-après :

Inducteurs compound. — a. On prendra comme température des inducteurs compound :

1. Si le circuit en série, inaccessible, est placé sous le circuit dérivé, la température de ce dernier déterminée par comparaison des résistances :

2. Si le circuit en série est extérieur au circuit dérivé, la moyenne de la température du circuit dérivé déterminée par comparaison des résistances et de celle lue au thermomètre placé sur le circuit en série.

Induits. — b. La température des induits sera déterminée comme suit :

1. Sur le fer, par l'application d'un thermomètre au point accessible le plus chaud ;

2. Sur les fils de l'induit, à l'aide de trois thermomètres appliqués immédiatement après l'arrêt :

Deux d'entre eux à la sortie des encoches et aussi près que possible du fer, sans le toucher, l'un du côté du collecteur, l'autre du côté opposé ;

Le troisième au milieu des encoches et aussi près que possible du fer, sans le toucher.

On admettra comme chiffre de température de l'enroulement de l'induit la plus élevée des trois lectures.

Si le troisième thermomètre ne peut être appliqué, on admettra comme chiffre de température la plus élevée des lectures des deux autres thermomètres majorée de 3 pour 100.

Les températures seront lues après 5 minutes d'application des thermomètres.

Les thermomètres employés ne devront pas contenir plus de 1 cm³ de mercure.

12. *Durée d'essai des machines.* — L'élévation de température des machines à marche continue, dans l'essai à puissance normale, sera mesurée après un service d'une durée suffisante pour atteindre une température sensiblement constante.

(1) Defalcation indûment faite préalablement de $\theta' - 35$.

Ces durées sont généralement données par le Tableau suivant :

$K = \frac{\text{Volts-ampères}}{\text{tours par minute}}$	Durée d'essai.
0 à 10.....	2 heures
10 à 30.....	3 »
30 à 100.....	4 »
100 à 200.....	5 »
200 à 300.....	6 »
300 à 500.....	7 »
500 à 700.....	8 »
700 à 1000.....	9 »
1000 à 1500 (1).....	10 »

13. *Durée d'essai des transformateurs.* — La *durée d'essai des transformateurs* sera fixée conformément aux indications suivantes :

a. *Transformateurs à service discontinu*, la durée de l'essai à pleine puissance sera spécifiée suivant le mode de fonctionnement ;

b. *Transformateurs à service permanent*, l'essai sera poursuivi jusqu'à l'obtention du régime de l'échauffement à puissance normale.

14. *Durée d'essai des machines à service intermittent.* — La *durée d'essai des machines à service intermittent* sera d'une heure ; les conditions d'échauffement seront les mêmes que celles prévues pour les machines fermées et moteurs de traction pour lesquelles on se conformera aux stipulations du Congrès de Milan (septembre 1906) (2).

(1) La durée d'essai des machines dont le coefficient K est supérieure à 1500 sera déterminée suivant la destination de la machine.

(2) STIPULATIONS DU CONGRÈS DE MILAN. — *Échauffement.* — L'échauffement d'un moteur doit être considéré comme exagéré, lorsque, partant d'une température de l'air ambiant égale à 25° C., le moteur atteint, après 10 heures de marche à la puissance permanente ou après une heure de marche à la puissance normale, une température finale dépassant celle de l'air ambiant des valeurs suivantes :

- a. Pour les enroulements isolés au coton..... 70° C.
- Pour les enroulements isolés au papier..... 80° C.
- Pour les enroulements isolés au mica, amiante ou autres substances présentant les mêmes qualités d'isolement et d'incombustibilité..... 100° C.
- b. Pour les collecteurs..... 80° C.
- c. Pour les parties métalliques dans lesquelles sont noyés les enroulements, la valeur correspondante à celle indiquée pour les enroulements, suivant la nature de l'isolement utilisé pour ceux-ci.

Lorsque les enroulements sont à isolement combinés, on prendra la limite inférieure.

Par puissance permanente et puissance normale d'un moteur, il faut entendre la

15. *Entretien des collecteurs.* — A toute puissance comprise entre la marche à vide et celle à la puissance normale, les balais étant placés dans la position la plus favorable et rodés sur le collecteur par une marche préalable, les machines avec collecteur doivent pouvoir fonctionner sans qu'on soit obligé de passer le collecteur au papier de verre ou d'employer tout autre procédé de nettoyage, pendant la durée d'essai spécifiée au paragraphe 12.

ART. III.

SURCHARGES.

16. *Surcharges.* — Toute machine doit pouvoir supporter sans détérioration (et sans étincelles nuisibles pour les machines à collecteurs) une augmentation de courant ou de couple qui sera au minimum de :

a. 20 pour 100 pendant $\frac{1}{10}$ de la durée d'essai spécifiée par le Tableau du paragraphe 12;

b. 30 pour 100 pendant 5 minutes.

Les conditions de surcharge ne s'appliquent pas aux moteurs synchrones et asynchrones à courants alternatifs simples.

17. L'état des collecteurs des machines et commutatrices ne devra pas être altéré par l'essai de surcharge au point de nuire ultérieurement au fonctionnement à puissance normale.

18. *Surcharge des moteurs de traction ou à marche intermittente.* — Les surcharges des moteurs de traction et des moteurs à marche intermittente seront de 50 pour 100 pendant 15 minutes et de 50 pour 100 pendant 5 minutes.

19. Toutes les surcharges indiquées ci-dessus seront fournies après une marche à la puissance normale de la durée définie à l'article II, paragraphes 12 et 14.

20. *Surcharges des alternateurs.* — La surcharge des alternateurs sera réalisée avec le facteur de puissance prévu; l'excitatrice devra pouvoir y suffire.

21. *Surcharges des transformateurs.* — Les transformateurs devront pouvoir supporter les surcharges non consécutives suivantes :

20 pour 100 pendant	1 heure,
30 pour 100 —	30 minutes,
50 pour 100 —	5 minutes.

22. *Épreuve de surcroît de vitesse.* — En plus des épreuves spécifiées ci-dessus, les machines devront pouvoir supporter un surcroît momentané de vitesse qui, pour les *génératrices*, sera fixé dans chaque cas en tenant compte du mode de commande.

puissance qui, le courant étant fourni sous la tension normale de service, peut être développée par ledit moteur pendant 10 heures consécutives, dans le premier cas, et pendant une durée ininterrompue de 1 heure, dans le second, sans qu'il en résulte un échauffement exagéré, dans le sens indiqué au paragraphe *Échauffement*.

23. Les *moteurs à courant continu* devront pouvoir supporter pendant 5 minutes une vitesse de 20 pour 100 supérieure à la vitesse normale.

24. *Épreuve de surtension des circuits.* — Les circuits des machines et transformateurs devront pouvoir être soumis, sans aucun inconvénient, pendant 3 minutes, *si aucune considération mécanique ou électrique ne s'y oppose*, à une tension supérieure de 30 pour 100 à celle agissant sur ces circuits en régime normal.

ART. IV.

AUTO-RÉGULATION.

25. *Auto-régulation.* — L'auto-régulation est définie par le rapport des variations maxima de tension et de vitesse, en passant de la puissance normale à la marche à vide, aux tension et vitesse à puissance normale.

26. *Variation de tension.* — La variation de tension sera mesurée en passant de la puissance normale à la marche à vide, à vitesse constante, dans les conditions ci-après :

Génératrices à courant continu. — *Génératrices à courant continu* : — *auto-excitatrices*, en maintenant constante la résistance dans le circuit inducteur dérivé ; — *à excitation séparée*, en maintenant constant le courant d'excitation.

Dans cet essai, et à moins de conventions contraires, la position des balais sera maintenue fixe à la position sans étincelles à puissance normale.

Génératrices à courants alternatifs. — *Génératrices à courants alternatifs* : en maintenant constant le courant d'excitation.

Commutatrices. — *Commutatrices et moteurs générateurs* : en maintenant constantes la fréquence et la tension aux bornes réceptrices et en se rapprochant autant que possible d'un facteur de puissance égale à l'unité.

27. *Transformateurs.* — Pour les transformateurs, la variation de tension sera mesurée en passant de la puissance normale à la marche à vide au secondaire, à fréquence et tension constantes au primaire.

28. *Facteur de puissance dans l'essai de variation de tension.* — La variation de tension, pour les génératrices à courants alternatifs et pour les transformateurs, sera spécifiée pour la puissance normale exprimée en kilovolts-ampères :

a. Avec un facteur de puissance égal à l'unité ;

b. Avec le facteur de puissance minimum prévu ou, à son défaut, avec le facteur 0,8.

29. *Variation de vitesse.* — La variation de vitesse sera mesurée en passant de la marche à puissance normale à la marche à vide, en maintenant constantes aux bornes :

La tension pour les moteurs à courant continu ;

La tension et la fréquence, pour les moteurs à courants alternatifs.

30. *Auto-régulation des moteurs d'induction ; glissement.* — L'auto-régulation des moteurs d'induction pourra être définie par le *glissement*, c'est-à-dire par le rapport de la variation de vitesse à la vitesse du synchronisme.

ART. V.

RENDEMENT.

31. *Rendement.* — Le *rendement* est le rapport de la puissance utilisable à la puissance absorbée.

32. *Évaluation des pertes.* — Toutes les fois que les deux puissances désignées ci-dessus ne pourront être mesurées directement, le rendement sera déterminé par la méthode des pertes séparées.

Ces pertes se décomposent ⁽¹⁾ comme suit :

a. *Pertes mécaniques.* — α . Frottement des paliers et ventilation.

β . Frottement des balais sur les collecteurs et bagues.

b. *Pertes électriques.* — γ . Hystérésis et courants de Foucault.

δ . Effets Joule dans les circuits (inducteurs, induits, circuits primaires et secondaires).

33. *Détermination des pertes par effet Joule.* — Les pertes par effet Joule seront calculées d'après les courants et résistances à chaud des circuits.

Détermination des autres pertes. — Les autres pertes seront représentées par la puissance nécessaire au fonctionnement à vide de l'appareil, déduction faite des pertes par effet Joule dues à ce fonctionnement à vide, les forces électromotrices étant égales, durant la détermination de ces pertes, aux forces électromotrices agissant pendant le fonctionnement à la puissance pour laquelle le rendement est envisagé.

34. *Puissance à vide relative aux pertes des génératrices et receptrices.* — La détermination des pertes par la mesure de la puissance nécessaire à vide se fera pour les génératrices et receptrices, à la vitesse et à la tension de régime aux bornes, cette dernière étant augmentée ou diminuée de la chute de tension due aux résistances de l'induit et des circuits d'excitation en série avec celui-ci.

35. Les mesures de rendement devront être faites ou ramenées à la température atteinte après l'essai de fonctionnement défini à l'article II.

36. Le rendement sera indiqué pour la puissance normale, les trois quarts et la moitié de cette puissance en y comprenant les pertes afférentes aux appareils auxiliaires, tels que rhéostats, excitatrices, ventilateurs, pompes de circulation faisant partie intégrante de la fourniture.

37. *Alternateurs.* — Le rendement des génératrices à courants alternatifs, à la puissance normale, sera indiqué :

a. Pour un facteur de puissance égal à l'unité ;

b. Pour le facteur de puissance minimum prévu ou, à son défaut, pour un facteur de puissance égal à 0,08.

⁽¹⁾ Conventionnellement.

38. *Transformateurs.* — Pour les transformateurs, on indiquera également le rendement au quart de la puissance normale, ainsi que le facteur de puissance et la consommation à vide.

ART. VI.

ÉPREUVE DES ISOLANTS.

39. *Épreuve des isolants.* — Les machines et transformateurs devront pouvoir supporter pendant 30 minutes et à chaud l'application d'une tension d'épreuve amenée progressivement au chiffre donné par le Tableau suivant :

Tension normale.	Tension d'épreuve.
Jusqu'à 5000 volts.....	Le double de la tension normale, minimum 110 volts
De 5000 à 10000 volts.....	La tension normale augmentée de 5000 volts
Au delà de 10000 volts.....	Une fois et demie la tension normale

40. *Application de la tension d'épreuve.* — La tension d'épreuve sera appliquée entre les différents circuits des appareils et entre ces circuits et la masse.

Elle sera ainsi fixée :

Dans le premier cas, d'après la tension efficace la plus élevée des circuits essayés ensemble ;

Dans le second cas, d'après la tension efficace la plus élevée que l'appareil est destiné à produire ou supporter, exception faite pour les circuits d'excitation alimentés par une source indépendante et pour lesquels la tension d'épreuve sera fixée par la valeur de la force électromotrice de ladite source.

41. *Nature du courant d'épreuve.* — Les valeurs indiquées ci-dessus pour les tensions d'épreuve des isolants sont valables sous condition que l'essai soit fait avec le genre de courant alimentant les circuits en service normal.

Lorsque ceux-ci, parcourus en service normal par du courant continu, devront être éprouvés avec du courant alternatif, la tension efficace de celui-ci ne sera que les $\frac{7}{10}$ de la tension d'épreuve prévue au n° 39.

Inversement, les circuits à courants alternatifs subissant l'épreuve des isolants au moyen du courant continu seront soumis à une tension d'épreuve égale à 1,4 fois la tension efficace du courant alternatif prévu par ladite épreuve conformément au paragraphe 39.

42. La courbe de tension de l'alternateur employé pour l'épreuve des isolants devra être aussi voisine que possible d'une sinusoïde.

43. *Tension d'épreuve à froid.* — Si l'épreuve des isolants ne pouvait être opérée à chaud, elle pourrait être remplacée par une épreuve à froid d'une durée de 5 minutes sous une tension définie par le Tableau ci-après :

Tension normale.	Tension d'épreuve.
Jusqu'à 5000 volts.....	Le triple de la tension normale, avec minimum de 500 volts
De 5000 à 10000 volts..	La tension normale augmentée de 10000 volts
Au delà de 10000 volts.	Le double de la tension normale

44. L'épreuve des isolants ne sera exigée qu'à la réception dans les ateliers du constructeur.

ART. VII.

FACTEURS DE PUISSANCE.

45. *Facteurs de puissance. Alterno-moteurs destinés à être employés sur les réseaux de distribution publique.* — Le facteur de puissance à puissance normale, sous une tension ne différant pas de plus ou moins 5 pour 100 de la tension normale, ne devra pas être inférieur aux valeurs indiquées par le Tableau ci-après, sauf dérogations expressément autorisées :

Kilowatts.	Puissance disponible sur l'arbre (chevaux).	Facteur de puissance.	
		Moteurs à courants polyphasés.	Moteurs à courant alternatif simple.
0 à 0,36	0 à 0,5	0,60	0,55
0,36 à 0,7	0,5 à 1	0,65	0,60
0,7 à 1,1	1 à 1,5	0,70	0,65
1,1 à 3,7	1,5 à 5	0,75	0,70
3,7 à 7,3	5 à 10	0,77	0,75
7,3 à 10	10 à 15	0,80	0,77
10 à 14,7	15 à 20	0,82	0,80
au delà de 14,7	au delà de 20	0,85	0,82

ART. VIII.

FRÉQUENCES.

46. *Fréquences.* — Les *fréquences usuelles* qu'il est recommandé d'employer de préférence sont celles de $16\frac{2}{3}$, $25,41\frac{2}{3}$ et 50 périodes par seconde.

ART. IX.

TOLÉRANCES POUR LES GARANTIES.

47. *Tolérances.* — Le Tableau ci-après fixe :

1° La tolérance accordée pour erreurs de mesure, et au delà de laquelle il peut y avoir lieu à réduction de prix ;

2° La limite à partir de laquelle il y a lieu de considérer le matériel comme ne répondant pas aux conditions de sa spécification.

Garanties.	Tolérances.	Limites.
D'échauffement	3° C.	10° C. au-dessus des limites fixées à l'art. II.
D'autorégulation	20 pour 100 du pourcentage garanti.	50 pour 100 du pourcentage garanti.
De rendement	20 pour 100 de la somme des pertes totales ou mesurables suivant le cas.	50 pour 100 des pertes totales ou mesurables.

Paris, 1910.

RÉSUMÉ SOMMAIRE DES RÈGLES CONCERNANT L'ÉCHAUFFEMENT, LA

FRANCE.

Union des Syndicats de l'Électricité (1910).
Syndicat professionnel des Industries électriques.
Syndicat professionnel des Usines d'Électricité.

Association française des Propriétaires d'appareils à vapeur
(Amiens, Lyon, Marseille, Nancy). — Association des Industriels
du Nord de la France (Lille).
Association normande pour prévenir les accidents du travail (Rouen).

ÉCHAUFFEMENT.

$k = \frac{\text{kva}}{\text{t} : \text{m}}$	Durée d'essai.
0 à 10	2 heures
10 à 30	3 —
30 à 100	4 —
100 à 200	5 —
200 à 300	6 —
300 à 500	7 —
500 à 700	8 —
700 à 1000	9 —
1000 à 1500 ⁽¹⁾	10 —

Machines à service intermittent : Durée d'essai : 1 heure.

Transformateurs :

- Transformateur à service discontinu : durée de l'essai à pleine puissance, à spécifier suivant le mode de fonctionnement.
- Transformateur à service permanent : l'essai sera poursuivi jusqu'à l'obtention de l'échauffement limite à puissance normale.

$k = \frac{\text{kva}}{\text{t} : \text{m}}$	Durée d'essai.
0 à 5	2 heures
5 à 10	3 —
10 à 30	4 —
30 à 80	5 —
80 à 200	6 —
200 à 500	7 —
500 à 800	8 —
800 à 1500	9 —
1500 et plus ⁽²⁾	10 —

Machines à marche intermittente : 1 heure.

Transformateurs, égale à celle du fonctionnement :

- Transformateur à service discontinu : durée de l'essai à la charge nominale égale à la période de fonctionnement.
- Transformateur toujours sous tension et à charge discontinue : durée de l'essai à la charge nominale égale à la période de fonctionnement après limite d'échauffement atteinte sous tension à vide.
- Transformateur à charge continue : durée de l'essai jusqu'à l'obtention de l'échauffement limite à la charge nominale.

35° C.

35° C.

Base admise pour la

Correction à appliquer quand la température

- Si l'essai est effectué à une température inférieure à 35° C., les limites d'échauffement seront réduites dans le rapport $\frac{1}{1 + 0,005(35 - \theta)}$, θ étant la température ambiante durant l'essai.
- Si la machine est appelée à fonctionner dans un local où la température ambiante doit être supérieure à 35° C., les limites d'échauffement seront réduites ⁽³⁾ dans le rapport $\frac{1}{1 + 0,005(\theta' - 35)}$, θ' étant, en service, la température présumée du local.

Diminuer les limites d'échauffement de la différence entre la température ambiante et la base de 35° C.

⁽¹⁾ La durée d'essai des machines dont le coefficient k est supérieur à 1500 sera déterminée suivant la destination des machines.

⁽²⁾ Pour les machines à collecteur dont le coefficient k est supérieur à 1500 ou 2000, il y aura lieu quelquefois de convenir d'une durée supérieure à 10 heures, suivant la destination de la machine. — Pour les machines et moteurs à courants alternatifs de grandes dimensions, une durée d'essai de 10 heures suffira en général.

⁽³⁾ On doit entendre ici défalcation préalablement faite de $\theta' - 35$.

CHARGE ET LES ÉPREUVES D'ISOLEMENT DES MACHINES ÉLECTRIQUES.

ÉTATS-UNIS. American Institute of Electrical Engineers (1902).	ALLEMAGNE. Verband Deutscher Elektrotechniker.	ANGLETERRE. Engineering Standards Committee.
<i>durée de l'essai.</i> Durée suffisante pour que la température ait une valeur pratiquement constante; ordinairement, au bout de 6 à 18 heures, suivant la puissance et le genre de la machine. Il est admissible de diminuer la durée de l'essai en faisant fonctionner la machine avec une surcharge de courant et de tension, puis en réduisant la charge à sa valeur normale et en faisant fonctionner la machine dans ces conditions jusqu'à ce que la température reste constante. Machines à service intermittent (moteurs de traction), l'élévation de température doit être mesurée après un fonctionnement se rapprochant, autant que possible, des conditions du service auquel l'appareil est destiné. Transformateurs pour éclairage commercial, l'essai à pleine charge pouvant durer 3 heures.	Machines à service intermittent : 1 heure à charge normale. Machines à service de courte durée : durée égale à celle prévue pour le régime de la machine. Machines à service continu : 10 heures (1). Transformateurs : durée suffisante pour atteindre une température stationnaire. Moteurs de traction : 1 heure à charge normale.	Machines à service continu : 6 heures. Machines à service intermittent : 1 heure.
<i>température ambiante.</i> 25° C. à la pression de 760 mm de mercure. L'échauffement observé doit être réduit de $\frac{60-p}{10}$ centièmes si p est la pression barométrique différente de 760 mm.	35° C.	25° C.
<i>température diffère de la base ci-dessus.</i> 0,5 pour 100 par degré C. d'écart. L'échauffement observé doit être réduit de $\frac{25-\theta}{2}$ centièmes, si θ est la température du local d'essai.		1° par degré C. d'écart.

(1) Pour petites machines, lorsque la température stationnaire peut être atteinte en moins de 10 heures, la durée de l'essai peut être réduite.

RÉSUMÉ SOMMAIRE DES RÈGLES CONCERNANT L'ÉCHAUFFEMENT, LA SURCHARGE

FRANCE.

Union des Syndicats de l'Électricité (1910).
Syndicat professionnel des Industries électriques.
Syndicat professionnel des Usines d'Électricité.

Association française des Propriétaires d'appareils à vapeur
(Amiens, Lyon, Marseille, Nancy). — Association des Industriels
du Nord de la France (Lille).
Association normande pour prévenir les accidents du travail (Rouen).

Correction en cas de variation de la

Si la température ambiante varie pendant la durée de l'essai, on prendra pour sa valeur la moyenne du dernier quart du temps d'essai.

Prendre la moyenne du dernier quart du temps d'essai.

Dispositions concernant le rel

Le thermomètre indiquant la température ambiante sera placé sur le trajet de l'aspiration, à 1 m environ de la machine et à l'abri de toute influence étrangère.

Thermomètre dans l'axe de la machine, et à 1 m en avant du palier, en tenant compte des circonstances locales.

Mode de mesure

Températures mesurées au thermomètre sur la partie accessible la plus chaude.

Pour les génératrices, moteurs et transformateurs non immergés, la température des circuits d'excitation parcourus par du courant continu, ainsi que celle de tous les enroulements fixes, pourra être déterminée par l'augmentation des résistances.

Inducteurs compound. — Température déterminée comme suit :

- Si le circuit en série inaccessible est placé sous le circuit dérivé, celle de ce dernier déterminée par comparaison des résistances.
- Si le circuit en série est extérieur au circuit dérivé, la moyenne de la température du circuit dérivé déterminée par comparaison des résistances de celle lue au thermomètre sur le circuit en série.

Induits. — Température déterminée comme suit, après 5 minutes d'application, et avec thermomètres ne contenant pas plus de 1 cm³ de mercure.

- Sur le fer, au point accessible le plus chaud, à l'aide du thermomètre.
- Sur les fils de l'induit, par trois thermomètres, dont deux à la sortie des encoches, aussi près que possible du fer, sans le toucher, l'un du côté collecteur, l'autre du côté opposé ; le troisième au milieu des encoches et aussi près que possible du fer, sans le toucher.

Prendre comme température la plus élevée des trois lectures.

Si le troisième thermomètre ne peut être appliqué, prendre la plus élevée des deux autres lectures et majorer de 3 pour 100.

Température des transformateurs immergés. — Mesurée au thermomètre plongé dans l'huile, à la hauteur des enroulements et à leur partie supérieure.

- Circuits inducteurs à courant continu : autant que possible par augmentation de résistance.

- Induits à collecteurs : toujours par thermomètre.
- Autres inducts : autant que possible par les deux procédés en prenant la plus élevée des valeurs trouvées.

Thermomètre, s'il y a lieu, toujours appliqué au point le plus chaud.

Coefficient de temp

0,004, — à moins qu'il n'en ait été spécifié autrement.

0,004.

ET LES ÉPREUVES D'ISOLEMENT DES MACHINES ÉLECTRIQUES (*suite*).

ÉTATS-UNIS. American Institute of Electrical Engineers (1902).	ALLEMAGNE. Verband Deutscher Elektrotechniker.	ANGLETERRE. Engineering Standards Committee.
<i>température ambiante durant l'essai.</i>		
Thermomètre à l'abri des radiations émises par les surfaces chaudes et des courants d'air : Ou de façon à indiquer la température que la machine devait prendre, si elle ne marchait pas, de manière que l'élévation de température constatée soit bien celle provoquée par le fonctionnement.	Température moyenne prise à 1 m de la machine pendant le dernier quart de la durée d'essai.	
<i>l'échauffement</i>		
Par augmentation de résistance, quand cela est possible ; Ou en adoptant la valeur la plus élevée des échauffements si l'on emploie le thermomètre et la comparaison des résistances.	Par thermomètre, sauf circuits inducteurs excités par courant continu et enroulements stationnaires. Transformateurs par thermomètre; relevé de la température au point le plus chaud, ainsi que de la température à la partie supérieure de la couche d'huile.	Par résistance, si possible, sinon par thermomètre ou par couple thermo-électrique. Collecteurs, balais, paliers, par thermomètre.
<i>température du cuivre.</i>		
0,004°.	0,004°.	0,004°.

RÉSUMÉ SOMMAIRE DES RÈGLES CONCERNANT L'ÉCHAUFFEMENT, LA SURCHARGE

FRANCE.

Union des Syndicats de l'Électricité (1910).
Syndicat professionnel des Industries électriques.
Syndicat professionnel des Usines d'Électricité.

Association française des Propriétaires d'appareils à vapeur
(Amiens, Lyon, Marseille, Nancy). — Association des Industries
du Nord de la France (Lille).
Association normande pour prévenir les accidents du travail. Rouen.

Limites admises pour les

La température maxima d'une machine ou d'un transformateur doit être compatible avec la conservation des isolants.

La différence entre la température mesurée et la température ambiante (35° C.) ne devra pas dépasser :

a. Enroulements mobiles :

Avec isolement au coton	50° C.
— papier	60° —
— mica ou à l'amiante	80° —
ou préparations équivalentes	80° —

b. Enroulements fixes :

Mêmes valeurs qu'en a augmentées de . 10° —

c. Transformateurs :

Enroulements haute et basse tension, immergés ou non avec isolement au coton	60° C.
Avec isolement au papier	70° —
— au mica, à l'amiante ou préparations équivalentes	90° —

d. Fers et pièces conductrices nues, fers de circuits magnétiques et pièces conductrices nues (au thermomètre)

90° —

e. Collecteurs (au thermomètre)

60° —

f. Paliers —

45° —

g. Machines à collecteurs, en service continu de jour et de nuit, et machines de plus de 2000 volts (à l'exclusion des transformateurs) : les limites ci-dessus seront abaissées de

5° —

h. Machines à service intermittent suivant stipulations du Congrès de Milan : échauffement limite non exagéré admis, au-dessus de l'ambiante, après 10 heures de marche, avec air ambiant à

25° —

A puissance permanente ⁽¹⁾, ou après 1 heure à puissance normale ⁽²⁾.

a. Pour enroulements isolés au coton	70° C.
— papier	80° —
— mica, à l'amiante ou autres substances ayant mêmes qualités d'isolement et d'incombustibilité	100° —

b. Pour collecteurs

80° —

c. Pour parties métalliques dans lesquelles sont noyés les enroulements, valeur correspondant à celle indiquée pour les enroulements, suivant la nature de l'isolement utilisé.

d. Enroulements à isollements combinés : prendre la limite inférieure.

Circuits inducteurs traversés (résistance.... 55° C.
par courant continu, mesure par..... thermomètre. 45° —

Autres enroulements (sauf ceux toujours fermés sur eux-mêmes) et fers dans lesquels ils sont noyés

45° —

Ces limites ne s'appliquent pas aux fers dans lesquels il n'y a pas de conducteurs noyés.

Enroulements des transformateurs et huile des transformateurs à huile

30° —

Circuits toujours fermés sur eux-mêmes

55° —

Collecteurs, bagues et balais

50° —

Paliers, bornes, connexions

30° —

Machines à collecteurs destinées à un service continu de jour et de nuit, et circuits à haute tension des machines de plus de 2000 volts (à l'exclusion des transformateurs) : limite ci-dessus abaissées de. 5° C

(1) Puissance permanente = puissance susceptible d'être développée pendant 10 heures sous tension normale, sans échauffement exagéré dont les limites sont définies plus loin.

(2) Puissance normale = puissance susceptible d'être développée durant 1 heure, sans échauffement exagéré dont les limites sont définies plus haut.

ET LES ÉPREUVES D'ISOLEMENT DES MACHINES ÉLECTRIQUES (suite).

ÉTATS-UNIS. American Institute of Electrical Engineers (1902).	ALLEMAGNE. Verband Deutscher Elektrotechniker.	ANGLETERRE. Engineering Standards Committee.
<i>Élévations de température.</i>		
La température des machines ne doit jamais s'élever de manière à provoquer une détérioration permanente des isolants. Machines à commutateurs, redresseurs et machines synchrones : Inducteurs et induits, par résistance. 50° C. Collecteurs, bagues, balais, au thermomètre..... 55° — Paliers et autres, au thermomètre. 40° — Appareils rotatifs d'induction : Circuits électriques, par résistance. 50° — Paliers et autres parties, au thermomètre..... 40° — Cages d'écurie et induits en court-circuit, au thermomètre.. 55° — Transformateurs pour service continu : Circuits électriques, par résistance. 50° — Autres parties, au thermomètre, dans les conditions normales de ventilation..... 40° — Appareils exposés à des surcharges ou placés dans des circuits à très haute tension; spécifier une température plus basse. Appareils occupant un espace limité, comme les moteurs de traction; élévation de température plus élevée admissible. Appareils dont la matière isolante a des qualités spéciales de résistance à la chaleur; température admissible plus élevée. Appareils en service dans des endroits à température exceptionnellement élevée; spécifier une température moindre. Appareils destinés à un service intermittent, à l'exception des moteurs de traction, par résistance..... 50° C. Transformateurs pour service intermittent restant toujours en circuit, mais fonctionnant par intervalles à pleine charge pour les circuits, par résistance..... 50° — Autres parties, au thermomètre..... 40° — (Mesures faites après la période de fonctionnement correspondant à la durée de pleine charge.)	a. Enroulements isolés et bagues, au thermomètre : au coton..... 50° C. au papier..... 60° — au mica, à l'amiant et analogues..... 80° — enroulements stationnaires, par résistance..... 10° — en sus b. Collecteurs..... 60° — c. Fer des génératrices et réceptrices, dans lesquels sont noyés des conducteurs; admettre, suivant le genre d'isolation, les valeurs indiquées en a. Moteurs de traction. a. Enroulements isolés et bagues : au coton..... 70° C. au papier..... 80° — au mica, à l'amiant et préparations analogues..... 100° — Mêmes valeurs pour enroulements stationnaires. b. Collecteurs..... 80° C. c. Fer avec enroulements noyés, suivant valeurs données par a. Enroulements ou court-circuit. Les limites ci-dessus peuvent être dépassées.	Machines isolées, au coton, papier, toile micanite et analogues : Enroulements stationnaires, par résistance..... 60° C. Enroulements mobiles, par résistance..... 60° C. Enroulements mobiles, par thermomètre ou couple thermo-électrique.. 50° C. Machines avec isolants spéciaux résistant aux températures élevées; limites d'échauffement à fixer en conséquence.

RÉSUMÉ SOMMAIRE DES RÈGLES CONCERNANT L'ÉCHAUFFEMENT, LA SURCHARGE

FRANCE.

Union des Syndicats de l'Électricité (1910).
Syndicat professionnel des Industries électriques.
Syndicat professionnel des Usines d'Électricité.

Association française des Propriétaires d'appareils à vapeur
(Amiens, Lyon, Marseille, Nancy). — Association des Industriels
du Nord de la France (Lille).
Association normande pour prévenir les accidents du travail (Rouen).

3° C.

Limite de refus : 10° C. au-dessus des limites d'échauffement.

4° C. au-dessus des limites fixées.

Limite de refus : 10° C. au-dessus des limites fixées.

Sans détérioration (et sans étincelles nuisibles pour les machines à collecteurs), augmentation minima de courant ou de couple :

a. 20 pour 100 pendant $\frac{1}{10}$ de la durée d'essai normale;

b. 30 pour 100 pendant 5 minutes.

Les conditions de surcharge ne s'appliquent pas aux moteurs synchrones et asynchrones à courant alternatif simple.

L'état des collecteurs ne devra pas être altéré au point de nuire ultérieurement au fonctionnement à puissance normale.

Moteurs de traction ou à marche intermittente :

25 pour 100 pendant 15 minutes.

50 — 5 —

Alternateurs. — La surcharge sera réalisée avec le facteur de puissance prévu; l'excitatrice devra pouvoir y suffire.

Transformateurs. — Surcharges non consécutives :

20 pour 100 pendant 1 heure

30 — 30 minutes

50 — 5 —

Sans détérioration (et sans étincelles nuisibles pour les machines à collecteur), augmentation possible de courant ou de couple de :

a. 20 pour 100 pendant $\frac{1}{10}$ de la durée d'essai à charge normale.

Transformateurs :

20 pour 100 pendant 1 heure.

b. *Moteurs à marche prolongée* (sauf moteurs synchrones et asynchrones monophasés) et transformateurs :

40 pour 100 pendant 3 minutes.

Pour les *alternateurs*, la surcharge s'entend avec le facteur de puissance prévu.

Les génératrices à courant continu ou alternatif devront, à la vitesse normale, pouvoir maintenir leur tension de régime pendant toute la durée de la surcharge.

ÉPREUVES DE SURCHARGE

Les circuits des machines et transformateurs devront pouvoir être soumis, sans inconvénient, pendant 3 minutes, si aucune considération mécanique ou électrique ne s'y oppose, à une tension supérieure de 30 pour 100 à celle agissant en régime normal.

T LES ÉPREUVES D'ISOLEMENT DES MACHINES ÉLECTRIQUES (suite).

ÉTATS-UNIS. American Institute of Electrical Engineers 1902.	ALLEMAGNE. Verband Deutscher Elektrotechniker.	ANGLETERRE. Engineering Standards Committee.																
ances.																		
arges.																		
Surcharges appliquées après que l'appareil a atteint la température de régime à charge normale : <table><tr><td>Génératrices à courant continu et à courant alternatif.</td><td>25 p. 100 : 2 heures.</td><td rowspan="3">sans détérioration d'aucune sorte avec surcroît d'élévation de température de 15° C. par rapport à la limite en charge normale.</td></tr><tr><td>Moteurs à courant continu, moteurs d'induction et moteurs synchrones (sauf les moteurs de traction et les appareils à service intermittent).....</td><td>25 p. 100 : 2 heures. 50 p. 100 : 1 min.</td></tr><tr><td>Convertisseurs.....</td><td>50 p. 100 : ½ heure</td></tr><tr><td>Transformateurs.....</td><td>25 p. 100 : 2 heures</td><td rowspan="2">avec surcroît d'élévation de température de 15° C. par rapport à la limite en charge normale.</td></tr><tr><td>Excitatrices des alternateurs et des machines synchrones.....</td><td>10 p. 100</td></tr></table> Excitatrices des alternateurs : tension suffisante pour assurer l'excitation de l'alternateur puissance apparente totale avec $\cos \varphi = 0,5$.	Génératrices à courant continu et à courant alternatif.	25 p. 100 : 2 heures.	sans détérioration d'aucune sorte avec surcroît d'élévation de température de 15° C. par rapport à la limite en charge normale.	Moteurs à courant continu, moteurs d'induction et moteurs synchrones (sauf les moteurs de traction et les appareils à service intermittent).....	25 p. 100 : 2 heures. 50 p. 100 : 1 min.	Convertisseurs.....	50 p. 100 : ½ heure	Transformateurs.....	25 p. 100 : 2 heures	avec surcroît d'élévation de température de 15° C. par rapport à la limite en charge normale.	Excitatrices des alternateurs et des machines synchrones.....	10 p. 100	Les surcharges doivent n'être appliquées que pendant un temps assez court, ou pour un état de température des machines ou transformateurs, tels que les échauffements admissibles ne soient pas dépassés. Sous cette réserve, les machines et appareils doivent être capables des surcharges suivantes : <table><tr><td>Génératrices, moteurs, convertisseurs.</td><td>25 pour 100 durant ¼ d'heure, avec s'il y a lieu, facteur de puissance non inférieur à celui prévu.</td></tr><tr><td>Moteurs, convertisseurs, transformateurs.</td><td>50 pour 100 durant 3 minutes (moteurs avec tension normale).</td></tr></table> Génératrices à vitesse constante : doivent être capables de maintenir constante la tension avec 15 pour 100 de surcharge et au minimum avec le facteur de puissance prévu.	Génératrices, moteurs, convertisseurs.	25 pour 100 durant ¼ d'heure, avec s'il y a lieu, facteur de puissance non inférieur à celui prévu.	Moteurs, convertisseurs, transformateurs.	50 pour 100 durant 3 minutes (moteurs avec tension normale).	
Génératrices à courant continu et à courant alternatif.	25 p. 100 : 2 heures.	sans détérioration d'aucune sorte avec surcroît d'élévation de température de 15° C. par rapport à la limite en charge normale.																
Moteurs à courant continu, moteurs d'induction et moteurs synchrones (sauf les moteurs de traction et les appareils à service intermittent).....	25 p. 100 : 2 heures. 50 p. 100 : 1 min.																	
Convertisseurs.....	50 p. 100 : ½ heure																	
Transformateurs.....	25 p. 100 : 2 heures	avec surcroît d'élévation de température de 15° C. par rapport à la limite en charge normale.																
Excitatrices des alternateurs et des machines synchrones.....	10 p. 100																	
Génératrices, moteurs, convertisseurs.	25 pour 100 durant ¼ d'heure, avec s'il y a lieu, facteur de puissance non inférieur à celui prévu.																	
Moteurs, convertisseurs, transformateurs.	50 pour 100 durant 3 minutes (moteurs avec tension normale).																	
ON DES CIRCUITS.																		
Les machines et transformateurs doivent supporter, au point de vue de la solidité de l'isolation, durant 5 minutes, une augmentation de tension de service de 50 pour 100, en partant d'une température telle que l'échauffement admissible ne risque pas d'être dépassé.																		

RÉSUMÉ SOMMAIRE DES RÈGLES CONCERNANT L'ÉCHAUFFEMENT, LA SURCHARGE

FRANCE.		
Union des Syndicats de l'Électricité (1910) Syndicat professionnel des Industries électriques. Syndicat professionnel des Usines d'Électricité.		Association française des Propriétaires d'appareils à vapeur (Amiens, Lyon, Marseille, Nancy). — Association des Industriels du Nord de la France (Lille). Association normande pour prévenir les accidents du travail (Rouen).
SURÉLEVATION		
Pour les <i>génératrices</i> , à fixer dans chaque cas, en tenant compte du mode de commande. <i>Moteurs à courant continu :</i> 20 pour 100 de surcroît de vitesse pendant 5 minutes		Surcroît de vitesse : Pour les <i>génératrices</i> , à fixer dans chaque cas. Pour les <i>moteurs à courant continu</i> , pendant 5 minutes, une vitesse de 30 pour 100 supérieure à la vitesse normale.
RIGIDITÉ DIÉLECTRIQUE.		
Non imposée.		Machines de plus de 1 kilowatt et transformateurs (quelle que soit leur puissance), au moment de la réception et à chaud.
Tension		
Tension normale.	Tension d'épreuve	
	à chaud.	à froid.
Jusqu'à 5000 volts....	{ Le double de la tension normale, minimum 110 volts. }	{ Triple de la tension normale, minimum 500 volts. }
5000 à 10000 volts....	{ La tension normale augmentée de 5000 volts. }	{ Tension normale augmentée de 10000 volts. }
Au delà de 10000 volts.	{ Une fois et demie la tension normale. }	{ Double de la tension normale. }
De même nature, autant que possible, que celle de la machine à essayer, mais produite par source indépendante.		
		Épreuve de l'isolation intérieure des enroulements.
		Tensions à produire ou à absorber.
Jusqu'à 500 volts	3 fois la tension normale (minimum 500 volts).	1,5 fois la tension normale.
500 à 1000	tension normale + 1000 volts.	—
1000 à 4000	2 fois la tension normale.	—
3000	7500	5800
5000	8800	6900
6000	10200	8100
7000	11700	9400
8000	13300	10700
9000	14800	11900
10000	16300	13500
12000	19300	14500
15000	24000	25500
20000	31000	31500
25000	38000	»
30000	45000	37500

(1) Sauf si d'autres raisons ne s'y opposent.

LES ÉPREUVES D'ISOLEMENT DES MACHINES ÉLECTRIQUES (suite).

ÉTATS-UNIS. American Institute of Electrical Engineers (1902).	ALLEMAGNE. Verband Deutscher Elektrotechniker.	ANGLETERRE. Engineering Standards Committee.				
VITESSE. Pour les machines, l'essai de surtension ci-dessus peut correspondre à un accroissement de vitesse de 15 pour 100, mais sans entraîner de surcharge. Machines à vitesse de rotation sensiblement constante : accélération de 15 pour 100 possible à vide, avec excitation normale, durant 5 minutes.						
Temps de l'essai. A la température atteinte dans les conditions normales, avant de mettre la machine, complètement montée, en service. A chaud.						
Temps d'essai. <table><tr><td> Pour tension normale aux bornes U_N en volts. < 400 < 400 $400 < U_N < 800$ $400 < U_N < 800$ $800 < U_N < 1200$ $1200 < U_N < 2500$ $2500 < U_N < 10000$ $10000 < U_N < 20000$ $20000 < U_N$ </td><td> Puissance normale en kilowatts. < 10 > 10 < 10 > 10 toute puiss. — — — — </td><td> Tension d'épreuve efficace en volts. 1000 1500 1500 2000 3500 5000 $2 U_N$ (1) $U_N + 10000$ $1,5 U_N$ </td><td> Jusqu'à 5000 volts..... De 5000 volts à 10000 volts. 10000 volts et au delà..... { double de la tension normale avec minimum de 100 volts. { Tension normale + 500 volts. { 1,5 fois la tension normale. Circuits inducteurs excités séparément : 3 fois la tension d'excitation avec minimum de 100 volts. Enroulements secondaires des moteurs asynchrones : double de la tension de démarrage avec minimum de 100 volts. Cages d'écureuil : pas d'essai. </td></tr></table> Circuits d'excitation des alternateurs : à la tension normale de l'excitatrice supposée d'une puissance égale à celle de l'alternateur.			Pour tension normale aux bornes U_N en volts. < 400 < 400 $400 < U_N < 800$ $400 < U_N < 800$ $800 < U_N < 1200$ $1200 < U_N < 2500$ $2500 < U_N < 10000$ $10000 < U_N < 20000$ $20000 < U_N$	Puissance normale en kilowatts. < 10 > 10 < 10 > 10 toute puiss. — — — —	Tension d'épreuve efficace en volts. 1000 1500 1500 2000 3500 5000 $2 U_N$ (1) $U_N + 10000$ $1,5 U_N$	Jusqu'à 5000 volts..... De 5000 volts à 10000 volts. 10000 volts et au delà..... { double de la tension normale avec minimum de 100 volts. { Tension normale + 500 volts. { 1,5 fois la tension normale. Circuits inducteurs excités séparément : 3 fois la tension d'excitation avec minimum de 100 volts. Enroulements secondaires des moteurs asynchrones : double de la tension de démarrage avec minimum de 100 volts. Cages d'écureuil : pas d'essai.
Pour tension normale aux bornes U_N en volts. < 400 < 400 $400 < U_N < 800$ $400 < U_N < 800$ $800 < U_N < 1200$ $1200 < U_N < 2500$ $2500 < U_N < 10000$ $10000 < U_N < 20000$ $20000 < U_N$	Puissance normale en kilowatts. < 10 > 10 < 10 > 10 toute puiss. — — — —	Tension d'épreuve efficace en volts. 1000 1500 1500 2000 3500 5000 $2 U_N$ (1) $U_N + 10000$ $1,5 U_N$	Jusqu'à 5000 volts..... De 5000 volts à 10000 volts. 10000 volts et au delà..... { double de la tension normale avec minimum de 100 volts. { Tension normale + 500 volts. { 1,5 fois la tension normale. Circuits inducteurs excités séparément : 3 fois la tension d'excitation avec minimum de 100 volts. Enroulements secondaires des moteurs asynchrones : double de la tension de démarrage avec minimum de 100 volts. Cages d'écureuil : pas d'essai.			
Sauf pour transformateurs de 5000 volts et au-dessous. 10000 volts De 20000 volts et au-dessus. 1,5 U_N Circuits d'excitation des moteurs synchrones et convertisseurs démarrant par le côté alternatif. 5000 volts						

RÉSUMÉ SOMMAIRE DES RÈGLES CONCERNANT L'ÉCHAUFFEMENT, LA SURCHARGE

FRANCE.		
Union des Syndicats de l'Électricité (1910). Syndicat professionnel des Industries électriques. Syndicat professionnel des Usines d'Électricité.		Association française des Propriétaires d'appareils à vapeur (Amiens, Lyon, Marseille, Nancy). — Association des Industriels du Nord de la France (Lille). Association normande pour prévenir les accidents du travail - Rouen
<i>Points</i> a. Entre les différents circuits, d'après la tension efficace la plus élevée des circuits essayés ensemble. b. Entre les circuits et la masse, d'après la tension efficace la plus élevée, à produire ou à supporter, exception faite pour les circuits d'excitations sur source indépendante.		Entre les enroulements et la masse et entre les divers enroulements, en prenant pour base normale, dans ce dernier cas, la tension la plus élevée des enroulements essayés ensemble.
<i>Durée</i> A chaud. 30 minutes		A froid. 5 minutes Progressivement, jusqu'à la valeur maxima et maintenue à cette valeur pendant 5 minutes.
<i>Nature du</i> Les tensions d'épreuve ci-dessus s'entendent avec le genre de courant alimentant les circuits en service normal. Lorsque l'épreuve des circuits à courant continu sera faite avec courant alternatif, les tensions d'épreuve spécifiées seront réduites aux $\frac{100}{10}$. Lorsque l'épreuve des circuits à courant alternatif sera faite avec du courant continu, les tensions d'épreuve spécifiées seront majorées de 40 pour 100.		

M. le PRÉSIDENT remercie M. Brunswick de cette contribution à l'importante question des règlements sur les distributions d'énergie électrique, en soulignant l'activité des Sections d'études qui donne des résultats très appréciables; il espère que ce travail déterminera la Communication de données complémentaires.

ET LES ÉPREUVES D'ISOLEMENT DES MACHINES ÉLECTRIQUES (*suite et fin*).

ÉTATS-UNIS. American Institute of Electrical Engineers (1902).	ALLEMAGNE. Verband Deutscher Elektrotechniker.	ANGLETERRE. Engineering Standards Committee.
<i>d'application.</i> Entre les circuits électriques et les matières conductrices voisines. Entre les circuits adjacents.	Entre les circuits et la masse. Entre les circuits respectifs.	
<i>d'application.</i> 1 minute.	30 minutes.	
<i>courant d'épreuve.</i> Application d'une force électromotrice alternative sinusoïdale ou, à défaut, avec une tension donnant même distance disruptive entre pointes d'acier neuves. Pour les appareils à courant alternatif, l'essai doit être fait à la fréquence des appareils à essayer avec un transformateur tel que le courant de charge de l'appareil, faisant office de condensateur, ne dépasse pas 25 pour 100 de la capacité normale du transformateur.	Application d'une force électromotrice de même nature que celle prévue pour la machine : Pour épreuve, avec courant alternatif, de machines à courant continu; les tensions d'épreuve sont à multiplier par 0,7. Pour épreuve, avec courant continu, de machines à courant alternatif; les tensions d'épreuve sont à multiplier par 1,4.	

LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES DE RIO-DE-JANEIRO.

M. MONGIN. — « Messieurs, je vous demanderai ce soir la permission de coordonner devant vous quelques notes prises tout dernièrement sur les installations électriques qui alimentent Rio-de-Janeiro, la capitale fédérale du Brésil. Sans doute, ces notes sont bien hâtives, trop hâtives même, mais elles ne sont cependant peut-être pas tout à fait dénuées d'intérêt. Car en indiquant ce qu'on a fait déjà là-bas, elles peuvent donner un aperçu de ce qu'on pourrait encore y faire, et d'autre part, au seul point de vue technique, la distribution de Rio vaut la peine d'être étudiée.

» Elle est intéressante et originale surtout en ce qu'une seule organisation englobe la distribution proprement dite d'énergie, l'alimentation de tramways et les téléphones.

» Et l'importance de cet ensemble nous apparaîtra mieux, quand vous vous souviendrez que Rio est une ville de 800 à 900 000 habitants, peut-être un million. Au point de vue topographique, la ville comprend un noyau dense et massé de 2 km sur 3 km environ dont partent des grandes artères rayonnantes de 5 km, 6 km et même 8 km de long.

» Complètement modernisée au cours des 4 ou 5 dernières années par des travaux énormes qui en ont modifié profondément la physionomie, la ville se développe très vite et ses besoins en énergie d'éclairage et de force motrice s'accroissent parallèlement.

» Il y a seulement 5 ou 6 ans, rien n'était organisé pour les satisfaire. Les travaux de voirie entrepris à cette époque ont rendu à la fois plus nécessaire et plus facile la création d'une grande distribution d'énergie. Ces mêmes travaux ont permis aussi de couvrir la ville d'un réseau de tramways électriques qui, en remplaçant les tramways à mulets existants alors, a complété les lignes de ces tramways, et en a considérablement étendu la portée et la puissance.

» C'était certainement une œuvre difficile que d'englober tous les services électriques de cette grande cité dans une même

organisation. Pourtant deux entreprises rivales s'y sont essayées. Sur quelles ressources pouvaient-elles compter ?

» Tout d'abord il ne semble pas que la solution vapeur puisse être sérieusement proposée. A Rio le charbon coûte très cher : 70 fr ou 80 fr la tonne. De plus, les transbordements de ce même charbon du port à l'intérieur de la ville sont, au moins jusqu'à aujourd'hui, coûteux et peu pratiques. L'eau elle-même n'arrive que difficilement jusqu'à la ville et il y aurait eu, pour l'alimentation en eau de l'usine, des difficultés certaines et une source de dépenses sérieuses. Enfin, la main-d'œuvre est difficile de recrutement et très onéreuse.

» Heureusement, la ville est relativement voisine de ressources en énergie hydraulique, sensiblement inépuisables et placées un peu partout sur le haut plateau brésilien dont les contreforts font à la baie de Rio une ceinture si majestueuse. En fait, c'est à ces ressources hydrauliques qu'on a puisé, et c'est, en particulier, cette solution qu'a adoptée la Rio-de-Janeiro Tramway, Light and Power Company, qui s'est assuré, pour quelques années au moins, un monopole de fait pour sa distribution et son réseau de tramways.

» Ce sont les installations de cette Société que nous allons passer en revue et que nous résumerons de suite en quelques mots :

» 1° Une usine génératrice hydraulique capable actuellement de fournir 40000 chevaux, sous forme de courant triphasé 50 périodes, 80000 volts ;

» 2° Une ligne de transmission de 80 km ;

» 3° Une usine de réception et de transformation envoyant en ville du courant 6300 volts triphasé 50 périodes et du courant continu 575 volts destiné aux tramways ;

» 4° Un réseau de distribution avec postes abaisseurs donnant aux abonnés du courant triphasé 50 périodes, 220 volts, 4 fils.

» *Installations hydrauliques.* — A l'origine on avait pensé à utiliser, sur le Rio Parahyba, les chutes dites de *Sapucaia* où 100000 chevaux sont disponibles, et situées à 166 km de Rio. Mais des arrangements plus récents intervenus entre la Société et le

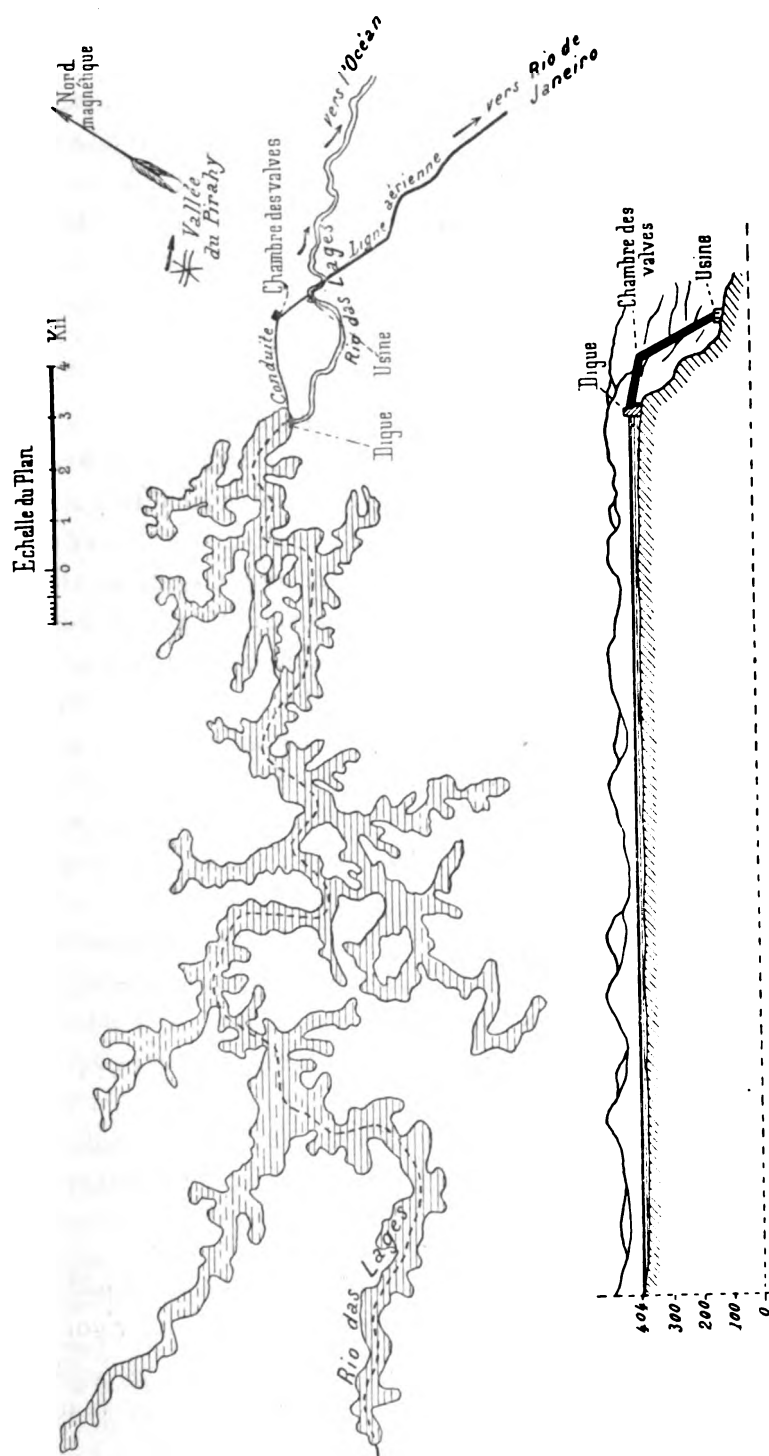


Fig. 1. — Plan et élévation du réservoir et de la conduite de descente.

district fédéral ont permis d'utiliser l'énergie des chutes du Rio das Lages, situées à 80 km seulement de la ville.

» Ce Rio das Lages, dont le cours supérieur est assez tranquille, présente brusquement entre la cote 370 et la cote 100 une suite de rapides dont la longueur totale n'est pas supérieure à 2500 m. La superficie du bassin supérieur étant de 500 km² et la hauteur de pluie annuelle de 1500 mm, on dispose dans la chute de 270 m d'un débit moyen de beaucoup supérieur au débit théorique nécessaire à l'alimentation des 40000 chevaux installés. Il reste une très large marge pour les pertes et l'imprévu.

» D'autre part, le fleuve, en pleine zone tropicale, n'a pas un régime d'une régularité suffisante et la création d'un bassin de régulation a dû être envisagée. Il a été heureusement très simple de créer ce bassin par la construction d'une digue de 200 m de long et de 35 m de hauteur au droit du fleuve, digue qui barre la vallée à la cote 370, précisément au commencement des rapides. On a ainsi noyé la vallée principale sur une longueur de plus de 26 km, créant un réservoir d'une contenance de 200 millions de mètres cubes, avec une surface d'eau de 18 km².

» La chute utile se trouve du même coup augmentée d'une trentaine de mètres, et c'est maintenant 300 m qu'il faut compter pour cette hauteur utile, le niveau supérieur du réservoir atteignant la cote 404.

» Enfin, on a prévu la possibilité de dériver dans le réservoir de Lages, les eaux du Rio Pyrahy qui coule un peu au nord du premier fleuve. On aura par cet artifice une puissance utile de 100 000 chevaux quand cela sera nécessaire. Et il reste toujours les 100 000 chevaux du Rio Parahyba.

» La ville de Rio peut se développer à l'aise; ce n'est pas les ressources qui lui manqueront pour s'éclairer ou s'alimenter d'énergie motrice.

» *Étude des installations.* — Au moment d'étudier les différentes parties de la transmission d'énergie, je voudrais signaler une disposition générale, que nous retrouverons d'un bout à l'autre de l'installation et qui paraît dériver de l'idée directrice suivante :

» *Scinder l'installation en sections successives formées chacune de*

deux moitiés en parallèle, de sorte qu'un accident quelconque, affectant un point de la transmission, n'arrête pas l'alimentation des sections en aval, tant que cet accident n'a pas touché, simultanément, les deux moitiés en parallèle de la section intéressée.

» Pour préciser par le schéma suivant :

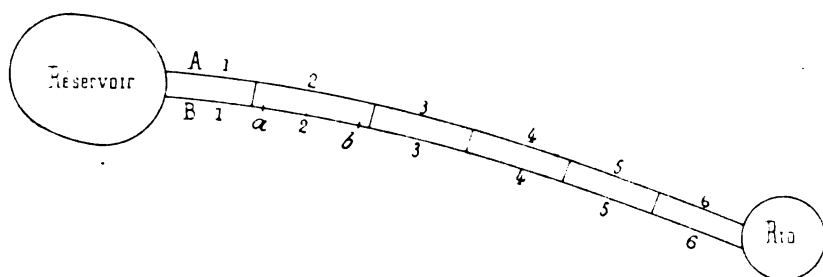


Fig. 1 bis.

si un accident intéresse la section 2 de la ligne B, il suffit d'isoler B₂ en *a* et *b* pour que l'ensemble de la transmission puisse continuer à fonctionner, peut-être avec un peu de gêne, mais d'une manière au moins à peu près satisfaisante.

» Nous aurons un premier exemple de cette disposition générale dans la canalisation de descente d'eau.

» Cette canalisation se présente en effet sous la forme suivante :

» Deux gros tuyaux conducteurs parallèles, de 2,65 m de diamètre, vont depuis le réservoir jusqu'à un bâtiment dit *Chambre des valves et des compteurs*, où ils aboutissent chacun à un collecteur par l'intermédiaire d'une grosse valve. La connexion de mise en parallèle est réalisée au moyen d'une troisième valve dont la section de passage est la moitié de celle des premières valves.

» Sur chaque collecteur viennent se brancher, et chacun par l'intermédiaire d'une valve et d'un compteur d'eau, trois tubes de 900 mm de diamètre qui descendent directement vers les six turbines de l'usine génératrice.

» La première partie de la canalisation, que nous nommerons *Canalisation basse pression*, présente une longueur totale de 1680 m et amène l'eau à la cote 354 qui est celle de la chambre des valves.

» Elle traverse deux massifs montagneux que contournent précisément les rapides du Rio das Lages. Les conducteurs passent successivement :

- » En tunnel sur 190 m de longueur (Tunnel n° 1).
- » A l'air libre sur 100 m — (Canal n° 1).
- » En tunnel sur 90 m — (Tunnel n° 2).
- » A l'air libre sur 265 m — (Canal n° 2).
- » En tunnel sur 435 m — (Tunnel n° 3).
- » A l'air libre sur 600 m — (Canal n° 3).
- » Le canal n° 2 descend au fond d'une petite vallée et remonte la

pente opposée.

» D'autre part, au début et à l'extrémité du canal n° 3, on a prévu sur chaque conducteur des tubes de sûreté pour éviter les coups d'eau. Ces tubes débouchent à l'air libre à un niveau de 16 m supérieur à celui des plus hautes eaux dans le réservoir de charge. Ils ont le même diamètre que les conducteurs qu'ils doivent protéger.

» Les deux conducteurs de la canalisation basse pression sont construits d'éléments successifs de 10 m de longueur en tôle d'acier rivée. L'épaisseur de cette tôle varie de 6 mm à 16 mm. Ces conducteurs sont soutenus par des massifs en maçonnerie placés à 7,50 m l'un de l'autre. Aux coudes, de puissantes armatures en fonte scellées dans des massifs de maçonnerie, particulièrement solides, accrochent les tubes au sol.

» La prise d'eau dans le réservoir n'est pas faite à la digue même, mais à 300 m environ de cette digue sur la rive gauche du réservoir. Cette prise d'eau est protégée par un triple rang de grilles et chacun des deux conducteurs porte à son origine une vanne qu'on peut manœuvrer de la surface à l'aide d'une commande par chaînes et engrenages.

» La canalisation haute pression est presque rectiligne et descend de 254 m sur une longueur de 670 m. Outre les six conducteurs de 900 mm alimentant les six turbines du bas, elle comporte un septième conducteur de 300 mm seulement, destiné aux turbines des excitatrices. Ce septième conducteur est relié directement à chacun des deux collecteurs par une valve spéciale.

» Notons que les valves situées à l'origine des tuyaux haute pression sont actionnées par de petites turbines Pelton qu'un solénoïde formant relais peut mettre en marche ou arrêter. Si bien que ces valves peuvent être fermées depuis le bas en cas d'urgence.

» Enfin, chaque tube à haute pression porte encore, à l'origine,

une cheminée de sûreté qui monte à quelques mètres au-dessus du niveau des hautes eaux du réservoir.

» Ces tubes à haute pression sont faits, comme ceux de la première canalisation, en tôle d'acier rivée et composés d'éléments successifs de 10 m. L'épaisseur de la tôle varie de 10 mm à 26 mm. Les tubes sont posés sur des massifs en maçonnerie placés à 10 m les uns des autres et ancrés au sol, de distance en distance, par des armatures spéciales de fonte, comme déjà indiqué plus haut.

» Ajoutons que les pertes de charge totales dues au frottement, aux coudes et aux étranglements n'atteignent pas tout à fait 7 pour 100 de la pression utile.

» *Usine génératrice.* — L'énergie canalisée par les moyens que nous venons d'indiquer est transformée, à l'usine génératrice, en énergie électrique sous forme de courant diphasé 50 périodes, 88000 volts.

» L'usine génératrice, construite au bord même de la rivière, est un bâtiment d'architecture sobre, à plan rectangulaire, de 72 m $\times$ 29 m et de 24 m de haut.

» C'est une construction en fer et briques, crépie au ciment. De très grandes baies vitrées qui règnent de bas en haut l'éclairent largement. Toutes les ouvertures, portes ou fenêtres, sont garnies de toiles métalliques formant moustiquaires, précaution non superflue dans un pays chaud, humide et boisé.

» La distribution intérieure peut se résumer en disant qu'une cloison verticale parallèle à la grande longueur partage le bâtiment en deux sections inégales. La plus étroite de ces sections et la plus éloignée de la rivière est réservée aux conducteurs de départ, aux barres omnibus, aux connexions et aux appareils de contrôle et de sûreté. La plus large des deux sections (18 m de large), en bordure même du fleuve, comprend :

» Au niveau du sol, l'étage des turbines;

» Au-dessus, le hall des alternateurs. Ce hall monte jusqu'au toit.

» Les transformateurs sont logés dans des compartiments en maçonnerie à l'étage même des turbines. Ces compartiments se prolongent en hauteur dans la salle des alternateurs et ils y sont clos

par des portes en fer sur le devant et par des trappes également en fer à leur partie supérieure.

» Un plancher au niveau du dessus de ces compartiments et au

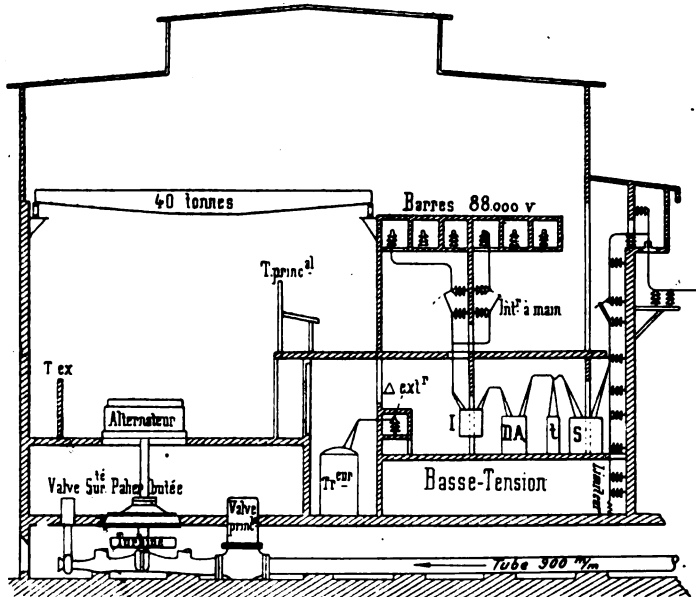


Fig. 2. — Coupe schématique de l'usine de Riberão das Lages. 1. Interrupteur. DA. Disjoncteur automatique. T. Transformateur d'intensité. S. Bobine de self de sûreté.

milieu du bâtiment porte le tableau de distribution. Un pont roulant de 40 tonnes et de 18 m de portée domine le hall et permet le

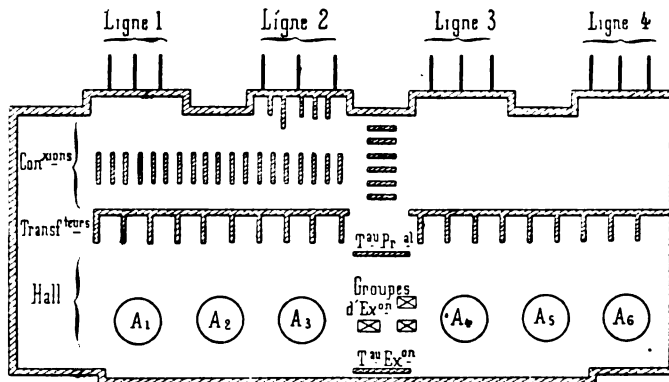


Fig. 3. — Plan schématique de l'usine de Riberão das Lages.

montage, le démontage, et les manutentions des alternateurs, des turbines, des alternateurs.

» En sous-sol arrivent les six tubes de 900 mm de diamètre et le tube de 300 mm.

» La demande prévue de puissance étant voisine de 40000 chevaux, on a monté six groupes de chacun 8700 chevaux dont un sert de secours, si bien que la puissance installée est en réalité de 52000 chevaux. Chacun de ces groupes est formé d'une turbine type Pelton à axe vertical, tournant à 300 t : m, et d'un alternateur à inducteur tournant, 20 pôles, directement emmanché sur l'axe de la turbine.

» *Turbines.* — Chaque turbine est alimentée par un feeder individuel, comme nous l'avons déjà vu. Les tuyaux à haute pression traversent le mur de fondation de l'usine, puis franchissent le sous-sol dans sa largeur et aboutissent à une vanne spéciale de sûreté, face à une baie ouverte sur la rivière.

» Une vanne principale est placée immédiatement avant la prise d'eau de la turbine, à peu près à 8 m avant la valve de sûreté.

» Entre la valve principale et la valve de sûreté sont prises quatre dérivations pour les quatre tuyères d'injection de la turbine. Ces quatre tuyères, à 90° l'une de l'autre, distribuent l'eau à la roue qui porte 18 augets en acier coulé, rapportés sur le disque tournant également en acier coulé.

» L'admission de l'eau aux tuyères est réglée par des vannes toutes les quatre solidarisées par un ensemble convenable de bielles, et la commande des vannes est confiée à un servo-moteur que le régulateur de la turbine contrôle à son tour. Ce servo-moteur est extrêmement simple : un cylindre où un piston se déplace sous les actions combinées et contraires de la pression d'eau de la conduite et de la pression de l'huile d'une canalisation spéciale en communication avec un réservoir où l'on maintient une pression de 25 kg par centimètre carré. La pression de l'eau tend à diminuer l'admission, la pression de l'huile tend à l'augmenter.

» Pour éviter les coups d'eau qui résulteraient d'une fermeture trop rapide des tuyères, on a terminé, comme nous l'avons indiqué, les tubes d'amenée par une valve automatique. Cette valve est commandée par un ensemble de leviers reliés à une paire de pistons, l'un soumis à la pression d'eau de la conduite, l'autre à celle de la

canalisation d'huile déjà désignée. L'eau tend à ouvrir la vanne, l'huile tend à la fermer.

» Quand l'admission aux tuyères est diminuée de 20 pour 100, la pression d'huile est automatiquement relâchée. La valve s'ouvre et l'eau de la conduite s'en va à la rivière. Tout a été prévu pour que la pression dans la conduite ne dépasse pas à aucun moment de plus de 10 pour 100 la pression normale. La fermeture de cette vanne de sûreté s'opère ensuite quand le cylindre d'huile est de nouveau rempli, ce qui se fait automatiquement en 2 minutes à peu près.

» L'ensemble de la partie tournante (turbine et inducteur) est maintenu par trois paliers, tous trois au-dessus du disque de la turbine : un palier de butée qui supporte tout le poids de la partie mobile, continuellement alimenté d'huile sous pression à 12 kg et deux autres paliers cylindriques ordinaires servant uniquement au guidage. Le coussinet supérieur fait corps avec la plaque de fond de l'alternateur et l'inducteur avec ses bagues est entièrement dégagé.

» L'huile destinée aux manœuvres des vannes, aussi bien que celle destinée aux paliers, est maintenue sous pression à l'aide d'une pompe pour chaque turbine, pompe menée par une petite roue Pelton accessoire alimentée par un by-pass pris sur la valve maîtresse. Cependant, pour qu'un accident survenant à l'une de ces pompes n'arrête pas la distribution d'huile, toutes les canalisations sont en relation avec deux grands réservoirs où l'on maintient, à l'aide de pompes spéciales, de l'huile à la pression de 25 kg par centimètre carré.

» L'huile sortant des paliers est filtrée, puis va dans des refroidisseurs qui la ramènent à la température de l'eau et de là elle est reprise pour recommencer le cycle.

» Enfin la vanne principale de chaque turbine est manœuvrée par l'intermédiaire de la pression d'eau de la canalisation, grâce au by-pass déjà indiqué. La vitesse d'ouverture ou de fermeture de cette vanne principale est automatiquement réglée.

» *Alternateurs.* — Les alternateurs sont du type à inducteur intérieur tournant, pôles alternés, à axe vertical.

» L'inducteur présente une culasse en acier coulé, montée sur l'axe de la turbine, et porte 20 pôles rapportés, feuilletés. Le bobinage est fait en lames de cuivre enroulées sur champ. Les pôles, en série, sont alimentés par une distribution générale de courant continu à 250 volts. Les bagues sont en fonte montées à la partie supérieure de l'arbre. Toute cette partie de la machine est facilement accessible depuis une petite passerelle qui domine chaque alternateur.

» L'induit est bobiné pour 6300 volts. Les tôles portent 9 trous par pôle, soit 180 encoches ouvertes, à trois fils par encoche. Les bobines sont faites sur forme. Le bobinage est en étoile.

» L'alésage de la carcasse est de 3251 mm. Comme aucun dispositif de compoundage n'a été prévu, l'entrefer est considérable : 20 mm.

» Ces unités peuvent donner :

» 4000 kilowatts en service continu avec un échauffement de 33°C. au-dessus de l'ambiance ;

» 5000 kilowatts en service continu avec un échauffement de 35°C. au-dessus de l'ambiance ;

» 6300 kilowatts pendant 2 heures avec un échauffement de 55°C. au-dessus de l'ambiance.

» Notons que la température ambiante atteint 35°, mais ne dépasse jamais cette valeur.

» La chute de tension de ces alternateurs à pleine charge $\cos \varphi = 0,8$ est de 8 pour 100 environ. Le rendement s'élève à 97 pour 100, non comprises toutefois les pertes par frottement et ventilation.

» *Excitatrices et groupes auxiliaires.* — Les six alternateurs sont alignés dans le grand hall et forment deux groupes de trois. Entre les deux groupes et, au milieu du hall, on a placé les excitatrices.

» Ces excitatrices alimentent en réalité une distribution de courant continu 250 volts où l'on prend, en plus du courant d'excitation des alternateurs, le courant d'éclairage de l'usine et de ses abords, l'énergie utilisée dans le pont roulant et dans différents moteurs

disséminés dans l'usine, et enfin le courant d'excitation des électro-aimants de tous les appareils de contrôle de la distribution, des relais, des servo-moteurs des vannes du haut, etc.

» On comprend quel intérêt présentent ces groupes d'excitation, et là encore toutes les précautions ont été prises pour se mettre à l'abri d'un accident partiel.

» Trois groupes de 200 kilowatts chacun alimentent cette distribution continue.

» Deux de ces groupes sont formés d'une génératrice continue 200 kilowatts, 250 volts, 500 t : m, qu'on peut entraîner à volonté par une roue Pelton spéciale ou par un moteur asynchrone diphasé 6300 volts.

» Le troisième groupe ne comporte pas de roue Pelton.

» Les moteurs sont branchés à volonté sur l'un ou l'autre de deux systèmes de barres omnibus 6300 volts, alimentés par l'un quelconque, à volonté, des deux groupes de barres omnibus basse tension principales dont nous reparlerons tout à l'heure.

» Les barres omnibus continues et les dérivations allant aux alternateurs sont localisées sur un tableau particulier d'excitation placé dans le hall des alternateurs et en face le tableau principal. Cette disposition enlève du tableau principal les grosses barres continues et l'allège d'autant. Il ne reste sur le tableau principal que les appareils de contrôle à distance des excitatrices, et des connexions d'excitation (voir la figure du schéma général des connexions).

» *Transformateurs.* — Le courant 6300 volts est transformé pour être transporté à Rio, en courant triphasé 88 000 volts.

» Les transformateurs, placés dans leurs logements en maçonnerie au niveau des turbines et en arrière de celles-ci, sont au nombre de 18 unités monophasées de 1700 kilowatts chacune, réunies 3 par 3 par des connexions extérieures, formant ainsi six groupes diphasés divisés en deux fois trois groupes correspondant aux deux groupes d'alternateurs.

» Les primaires dans chaque groupe sont réunis en triangle. Les connexions des secondaires peuvent être réalisées de diverses façons qui permettent les tensions secondaires de 88 000 volts, 44 000 volts,

76000 volts. Enfin des prises spéciales éliminant une partie du bobinage secondaire permettent de transmettre à 80 000 volts.

» Ces transformateurs isolés, à huile, ne comportent aucun dispositif mécanique de circulation d'huile. Mais un serpentin plongé dans l'huile et parcouru par un courant d'eau froide assure un refroidissement convenable et permet de maintenir l'huile à une température voisine de 40°.

» Tout le long de chaque batterie de neuf transformateurs courent quatre canalisations :

» Une d'amenée d'eau, une de retour d'eau, une d'amenée d'huile, une de retour d'huile. Ces deux dernières ne sont utilisées que de temps à autre pour changer l'huile qui a séjourné un certain temps dans le transformateur et la remplacer par de l'huile propre. Un robinet à trois voies, pour chaque unité, permet d'effectuer les manœuvres avec la plus grande facilité. Des thermomètres enregistreurs tracent la courbe des températures de l'huile et de l'eau d'évacuation pour chaque transformateur.

» Le rendement à pleine charge de ces transformateurs est de 98 pour 100. La chute de tension de 0,9 pour 100 à $\cos \varphi = 1$ et 3 pour 100 à $\cos \varphi = 0,8$.

» *Tableaux et connexions.* — En principe, chaque alternateur alimente directement le primaire du groupe de transformateurs correspondant. Mais en dehors de ces connexions normales, on a prévu un système de barres omnibus basse tension (6300 volts) reliées aux alternateurs et aux transformateurs, de sorte qu'on peut alimenter un transformateur même si l'alternateur correspondant est arrêté, ou inversement faire débiter un alternateur même quand l'unité de transformation qui lui correspond est indisponible.

» Il y a en réalité deux systèmes de barres omnibus, un pour chacun des groupes de trois unités génératrices, ou, si l'on préfère, un par demi-usine.

» Ces deux moitiés peuvent d'ailleurs être mises en parallèle par deux autres systèmes de barres sur lesquelles sont précisément branchés les moteurs des excitatrices.

» Du côté de la haute tension on a installé deux systèmes parallèles de barres omnibus, chacun de ces systèmes étant encore

coupé en deux moitiés. Il est possible de mettre en parallèle soit les deux moitiés de chaque système, soit les deux moitiés correspondantes de l'un et l'autre système, soit enfin les quatre systèmes élémentaires. Cette disposition, qui se retrouvera plus tard, peut être appelée *disposition en H* à cause de la similitude du schéma de cet ensemble avec la lettre H.

» Sur chacune des deux demi-usines on a branché deux lignes de départ pouvant à volonté se connecter sur l'un ou l'autre des deux systèmes parallèles. On a donc quatre lignes de transmission, et le schéma général des connexions de l'usine est le suivant (*fig. 4*) :

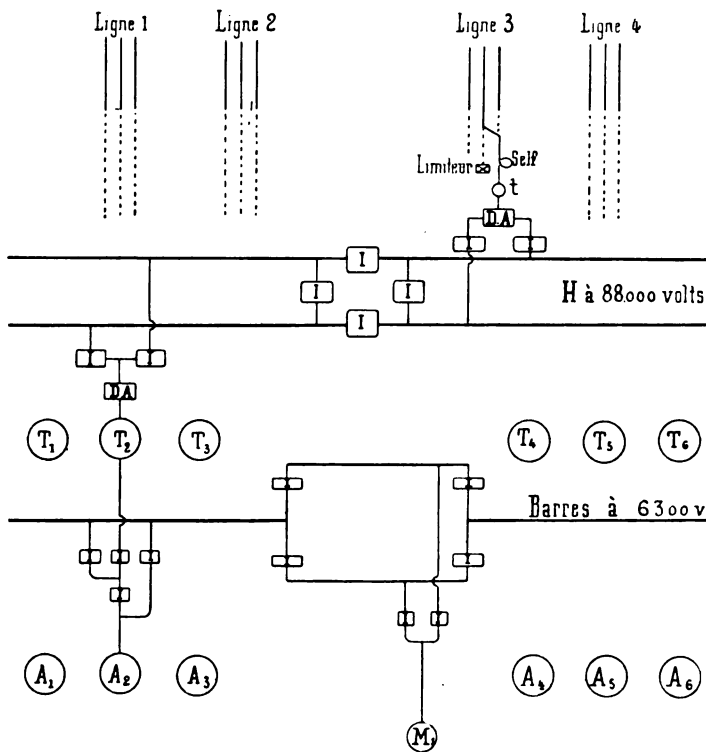


Fig. 4. — Schéma des connexions de l'usine de Ribeirão das Lages.

» Toutes les barres omnibus, tous les interrupteurs, les disjoncteurs, sont, comme nous l'avons déjà dit, localisés dans la seconde partie, la plus étroite de l'usine ; la basse tension au niveau des turbines, derrière les transformateurs, et la haute tension dans trois étages supérieurs. Les barres omnibus, à 88 000 volts, tout à fait en haut. Les connexions basse tension (6300 volts) sont réali-

sées à l'aide de câbles armés triphasés. Au contraire, celles à 88000 volts, depuis les transformateurs jusqu'aux barres omnibus, sont faites en fil nu, de même que les connexions formant le triangle extérieur qui lie les secondaires des groupes de trois transformateurs, et de même aussi que les barres omnibus elles-mêmes.

» Ces conducteurs nus sont supportés par des isolateurs en porcelaine à triple cloche, d'un type uniforme qui est d'ailleurs le type des isolateurs de la ligne de transmission.

» Chaque conducteur est séparé des conducteurs voisins par une murette en maçonnerie. Toutes ces murettes, verticales, sont disposées régulièrement à 1,20 m l'une de l'autre, formant un ensemble de conduits voisins, ouverts sur les allées des différents étages et dont chacun contient un conducteur de connexion.

» En étudiant l'usine de réception à Rio, nous retrouverons ces dispositions et les étudierons un peu plus en détail, de même que nous dirons quelques mots de l'appareillage haute et basse tension, et des tableaux.

» *Lignes de transmission.* — J'ai dit tout à l'heure, que quatre lignes quittaient l'usine. Elles sont portées deux par deux sur deux lignes de tours métalliques et capables chacune de transporter 10000 chevaux à 88000 volts.

» La longueur totale de la ligne est 81 km, et elle emprunte d'un bout à l'autre une bande de terrain de 100 m de large acquis par la Rio-de-Janeiro Tramway Light and Power Cy.

» En quittant Riberão das Lages, la ligne traverse d'abord 15 km de pays montagneux, puis 41 km de pays plat et humide, et enfin 25 km de montagnes granitiques avant d'atteindre Rio.

» Les tours sont construites en cornière d'acier et ont une hauteur et un empattement variables avec les portées qu'elles limitent et qui varient de 180 à 590 m. En général, le fil le plus bas est à 15 m du sol. Les isolateurs d'un type uniforme sont en porcelaine, à triple cloche. Ils ont 45 cm de diamètre et 50 cm de hauteur totale. Ils sont portés sur des tubes d'acier fixés aux cornières des tours.

» Les conducteurs sont formés de torons de six fils de cuivre enroulés sur une âme de chanvre. La section utile est de 85 mm².

» Sur chaque ligne cinq tours spéciales portant des interrupteurs de sectionnement divisent la ligne en six sections à peu près égales en longueur. Des maisons de garde sont établies en quatre points de la ligne, et ces postes sont habités chacun par un chef et quatre hommes chargés d'un service constant de visite, de surveillance et d'entretien.

» On a installé, parallèlement aux lignes de transport de force, deux circuits téléphoniques. L'un met en relations directement l'usine génératrice et l'usine réceptrice. Il est monté sur une ligne de poteaux tubulaires spéciaux. L'autre est plus particulièrement réservé au service des patrouilleurs et est accroché à l'une des rangées de tours. La friture spéciale qui s'y développe lorsqu'un des isolateurs de la ligne de transport devient défectueux est un indice infailible et un sûr moyen d'avertissement.

» Enfin une autre ligne, également portée sur des poteaux spéciaux, est destinée à un télégraphe dessinant et écrivant. Ce télégraphe fonctionne très bien et permet de transmettre instantanément, d'un bout à l'autre de la ligne, un schéma, un dessin rapide, ce qui peut être extrêmement précieux dans bien des circonstances.

» La protection de la ligne contre la foudre est assurée par un ensemble complet de dispositions.

» Examinons d'abord la sortie des lignes de l'usine génératrice. Chaque conducteur descendant des barres omnibus passe par une self noyée dans l'huile placée au rez-de-chaussée de l'usine, puis remonte en faisant un coude brusque à la sortie de cette bobine de self. Dans le prolongement de la partie verticale ascendante du fil, on a disposé un limiteur de tension à cylindres de zinc. Le conducteur sort de l'usine, du côté le plus éloigné de la rivière, en passant à travers un isolateur tubulaire spécial et en suivant une direction verticale de haut en bas. Il se courbe immédiatement après et va horizontalement jusqu'à 100 m de l'usine. Là il se courbe deux fois à angle droit de façon à revenir toujours horizontalement, mais en sens inverse du premier chemin parcouru, pour repasser sur le toit de l'usine et de là suivre sa route jusqu'à Rio. Au coude on a disposé un ensemble de parafoudres à cornes en série, soutenus par des poteaux métalliques semblables à ceux de la ligne de transmission (*fig. 5*).

» On conçoit de suite la grande efficacité de cette protection et la presque certitude de mettre l'usine à l'abri des coups de foudre recueillis par la ligne.

» Quant à la ligne elle-même, on l'a défendue de la façon suivante : D'abord toutes les tours de chaque ligne sont réunies électrique-

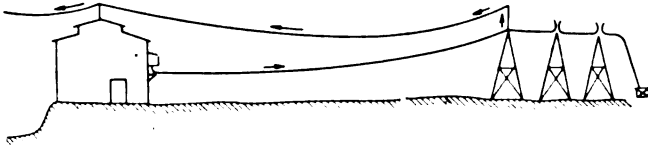


Fig. 5.

ment par un fil d'acier qui court d'une extrémité à l'autre de la ligne, accroché sur le sommet des tours et dominant tous les conducteurs d'énergie.

» D'autre part, une tour sur quatre est mise à la terre bien franchement et, en certains points de la ligne que l'expérience a indiqués, on a placé des stations de parafoudre. A l'origine ces stations n'avaient pas été prévues, mais la grande fréquence des orages et les troubles qui en résultaient pour le service ont obligé à les construire dans la suite.

» La disposition du terrain ne permet pas à l'usine de réception d'employer l'artifice des fils repliés, mais on a installé des limiteurs très sensibles, branchés au droit de la dernière tour de chacune des deux lignes et formés par un empilement de petites cuvettes d'aluminium badigeonnées d'un mince vernis isolant et contenant de l'alumine. L'action de ces parafoudres est tout à fait heureuse et efficace.

» L'ensemble de ces précautions rend l'exploitation assez tranquille malgré les orages journaliers et violents qui éclatent le long de la ligne. C'était là, d'ailleurs, la plus grosse des difficultés à vaincre, car dans cette région où les différences entre les températures extrêmes sont faibles (20° au maximum), et où il n'y a à redouter ni neige, ni grésil, ni vent très fort, l'établissement d'une ligne aérienne est particulièrement favorisé.

Usine de réception de Frei-Caneca. — Cette usine, bâtie dans un quartier de la banlieue nord-ouest de Rio, est un bâtiment de con-

struction toute semblable à celle de l'usine de Riberão das Lages.

» Nous y retrouverons les mêmes dispositions intérieures générales.

» L'usine, de plan rectangulaire, 75 m $\times$ 35 m et de 22 m de haut, est divisée par un mur parallèle à la grande dimension en deux parties.

» 1° Un grand hall où l'on a installé les groupes de moteurs-générateurs alimentant certains tramways, quatre alternateurs de secours de chacun 1000⁰ kilowatts mus par des moteurs à gaz, le survolteur-dévolteur d'une batterie-tampon en parallèle avec les moteurs-générateurs, et enfin un atelier d'essai, d'étalonnage, de compteurs et de réparations ;

» 2° Une partie plus étroite comprenant six planchers à différents étages et où sont concentrés : les connexions et les amenées haute tension, ainsi que les appareils de contrôle et de manœuvre correspondants ; les tableaux ; les appareils de contrôle et de réglage de la distribution extérieure ; les départs basse tension.

» Les détails d'installation sont en tout semblables à ceux déjà signalés à Riberão das Lages.

» En particulier l'appareillage est tout à fait identique et le chemin suivi par les conducteurs d'arrivée, jusqu'aux transformateurs, est le même, en sens inverse, que celui suivi au départ à l'usine génératrice.

» Examinons d'un peu plus près cette disposition des conducteurs d'amenée.

» Les quatre lignes arrivent deux par deux dans chaque moitié de l'usine et vont se connecter aux barres omnibus correspondantes. On a encore ici pour ces barres omnibus la disposition en H déjà signalée au départ. Si nous suivons un quelconque des douze fils d'arrivée, nous le voyons prendre le chemin suivant :

» Il pénètre dans l'usine en passant de bas en haut à travers un isolateur tubulaire spécial, puis redescend ensuite à l'intérieur de l'usine et traverse une bobine de self de sûreté, isolée à l'huile. A l'entrée de cette bobine on a branché un limiteur.

» En sortant de la bobine de self, le conducteur passe dans un transformateur d'intensité dont nous étudierons tout à l'heure le rôle, puis se divise en deux dérivations allant chacune se connecter

aux branches parallèles correspondantes de l'H haute tension (voir *fig. 2*).

» Entre le transformateur d'intensité et la barre omnibus, le conducteur traverse un disjoncteur.

» Ce disjoncteur est automatiquement actionné à maximum par le courant secondaire du transformateur d'intensité. Naturellement les trois disjoncteurs unipolaires correspondant à une seule ligne sont placés l'un à côté de l'autre et réunis extérieurement par des liaisons mécaniques.

» Notons que sur les trois conducteurs d'une ligne, deux seulement ont un transformateur d'intensité. Mais les trois sont munis d'un disjoncteur automatique.

» Ces mêmes disjoncteurs peuvent être actionnés par une bobine courant continu 250 volts commandée du tableau même. Ils peuvent enfin être actionnés directement à la main.

» Les barres omnibus haute tension placées horizontalement tout en haut de l'usine et les connexions haute tension sont protégées par des murettes en maçonnerie en tout semblables à celles signalées à Riberão das Lages.

» D'ailleurs les connexions haute tension se complètent ici comme à l'usine génératrice par les connexions entre chaque barre omnibus du demi II avec la haute tension des transformateurs par l'intermédiaire d'un interrupteur identique dans sa construction aux disjoncteurs de tout à l'heure, sauf que dans leur cas particulier la commande automatique à maximum n'existe pas. Il ne reste que la commande possible à main et la commande normale par l'électro à 250 volts continus.

» En résumé, le schéma général des connexions haute tension est encore celui de la figure 4.

» Pour les transformateurs, nous retrouverons tout ce que nous avons déjà vu à l'usine génératrice : 18 unités de 1700 kilowatts monophasées connectées trois par trois, donnant six groupes triphasés, trois pour la demi-usine de droite, trois pour la demi-usine de gauche. Seulement ici deux groupes dans chaque demi-usine donnent 6300 volts au secondaire, pendant que le troisième donne 23000 volts pour l'alimentation de feeders secondaires de grande longueur allant porter l'énergie à des sous-stations suburbaines éloignées.

» Les transformateurs sont placés dans leur chambre en maçonnerie avec une trappe supérieure s'ouvrant sous le pont roulant du grand hall.

» Ils sont encore isolés et refroidis comme à Riberão; mais l'eau n'étant pas ici disponible à discrétion, l'eau chaude est prise par des pompes et envoyée, pour se pulvériser, au-dessus d'un bassin élevé où elle retombe refroidie et de là revient aux transformateurs. La perte par évaporation est compensée par des emprunts à un puits qui alimente l'usine en eau douce. L'ensemble des pompes destinées à ce service n'exige pas une puissance supérieure à 35 chevaux.

» Les barres omnibus basse tension (6300 volts) sont placées derrière les transformateurs, au rez-de-chaussée de l'usine. Elles affectent ici la même disposition en H que les barres haute tension, et leurs connexions avec la basse tension des transformateurs sont réalisées aussi comme le sont les connexions haute tension.

» Il est inutile d'insister sur la grande souplesse et la grande sécurité d'exploitation qui résultent de cet ensemble de dispositions, tant sur la haute que sur la basse tension.

» On pourrait croire que les tableaux doivent être, par contre, d'une grande complication. Il n'en est rien à cause de la construction des interrupteurs, des disjoncteurs, tous établis sur le même modèle, et dont nous allons dire maintenant quelques mots.

» Nous avons déjà dit tout à l'heure que ces interrupteurs, disjoncteurs, interrupteurs de mise en parallèle, etc., étaient, pour la haute tension, unipolaires, isolés à l'huile au sein de laquelle a lieu les ruptures. Les trois appareils d'une même ligne sont placés l'un à côté de l'autre et réunis mécaniquement par des liens extérieurs.

» En principe, ils sont actionnés par un électro continu à 250 volts et peuvent aussi l'être à la main. Dans le cas des appareils automatiques, un bobinage supplémentaire alimenté par un transformateur d'intensité assure cet automatisme. Dans le cas des appareils basse tension, les trois phases sont réunies sur un même bâti, et enfermées dans une même enveloppe. Mais les moyens de commande restent les mêmes.

» Un commutateur spécial, actionné en même temps que la partie mobile de l'appareil, établit dans un circuit accessoire des con-

nexions qui allument une lampe rouge ou une lampe verte, selon que l'appareil correspondant est ouvert ou fermé.

» Les deux lampes rouge et verte sont seules sur le tableau, encadrant la manette de commande à distance de l'appareil.

» De cette façon, on a pu grouper sur un tableau très petit toutes les commandes de l'usine.

» Pour rendre la lecture de ce tableau plus facile, on a dessiné

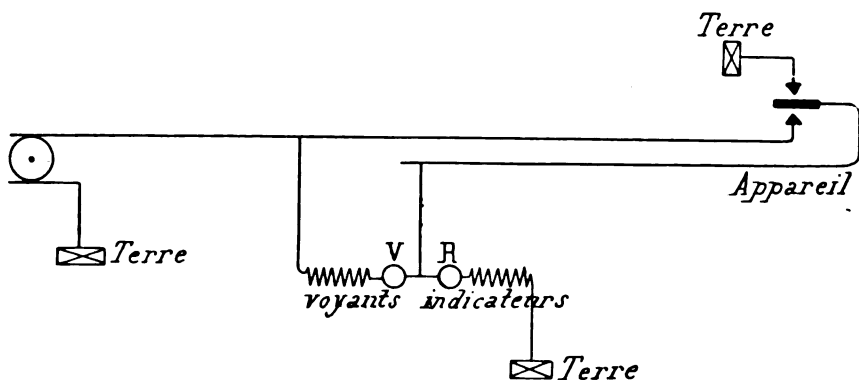


Fig. 6. — Schéma des connexions de l'indicateur lumineux des appareils commandés à distance.

sur le tableau le schéma des connexions et, à la place qu'occuperait sur ce dessin le symbole d'un interrupteur ou d'un disjoncteur, on a simplement placé la manette qui le commande, encadrée de ses deux petites lampes.

» L'homme du tableau n'a qu'à regarder : il voit, écrit en rouge et en vert devant lui, tout ce qui passe à un moment donné dans l'usine, et peut modifier comme il le veut l'état de choses en touchant aux manettes convenables.

» Le dessin est établi sur une table en ardoise de 3 m de long sur moins de 1 m de large, et placée en pupitre, au bord et au milieu d'une galerie qui domine le hall au-dessus des transformateurs.

» Les appareils de mesure, plats, à lecture sur la tranche, sont groupés par lignes de haute tension, l'un au-dessus de l'autre et au-dessus de la table de manœuvre. Notons que sur chaque ligne on a installé : un ampèremètre ordinaire, un ampèremètre enregistreur, un voltmètre enregistreur, un wattmètre enregistreur, un phasemètre enregistreur, un fréquencemètre enregistreur.

» Tout ce que nous voyons ici à l'usine de Frei-Caneca, se retrouve à Riberão das Lages.

» DISTRIBUTION. — L'usine de Frei-Caneca distribue l'énergie qu'elle reçoit de Riberão sous les quatre formes suivantes :

» 1° Courant triphasé, 6300 volts, 50 périodes;

» 2° Courant triphasé, 23000 volts, 50 périodes, allant alimenter directement des stations suburbaines éloignées;

» 3° Courant alternatif monophasé à intensité constante pour l'alimentation de circuits d'arcs;

» 4° Courant continu, 575 volts, pour les lignes de tramways voisines de l'usine.

» Le courant continu, 575 volts, est fourni par cinq groupes convertisseurs rotatifs : moteurs synchrones diphasés, 6300 volts, de 1200 chevaux, entraînant une génératrice continue compound à pôles de commutation. La vitesse est de 500 t : m. Les moteurs sont surexcités ($\cos \varphi = 0,6$; $\sin \varphi$ positif) pour remonter le facteur de puissance de l'ensemble.

» En parallèle sur le continu, on a disposé une batterie d'accumulateurs avec survolteur-dévolteur. Cette batterie est capable de débiter 1000 kilowatts pendant 1 heure. Elle est installée dans un bâtiment voisin de l'usine, mais cependant séparé.

» *Distribution à intensité constante.* — L'éclairage de quelques grandes avenues et des quais récemment construits le long de la baie est assuré par 600 arcs clos de 7,5 ampères groupés en 12 groupes de 50 en série.

» Le transformateur-régulateur automatique est fort simple : sur un noyau de tôles sont montées :

» 1° Une bobine primaire fixe, alimentée par la tension constante 6300 volts;

» 2° Une bobine secondaire, mobile dans le sens vertical et sur laquelle agit un contrepoids constant.

» Il y a de très grandes fuites magnétiques, si bien que le coefficient de mutuelle entre la bobine fixe et la bobine mobile varie rapidement avec la distance entre les deux bobines. Le mouvement de la bobine secondaire est amorti, et l'ensemble des enroulements,

enfermé dans une enveloppe de tôle, est refroidi et isolé à l'huile. Le contrepoids est placé à l'extérieur, et sa valeur fixe la valeur du courant constant du secondaire.

» Ces régulateurs fonctionnent d'une façon parfaite, et l'éclairage des circuits qu'ils alimentent est remarquablement fixe.

» *Distribution urbaine.* — Nous n'insisterons pas sur la distribution à 23000 volts, qui ne présente rien de particulier, mais au contraire nous allons étudier la distribution à 6300 volts, qui forme la plus grosse et la plus intéressante partie de l'ensemble alimenté par Frei-Caneca.

» Cette distribution 6300 volts est alimentée par deux groupes de six feeders souterrains et deux groupes de six feeders aériens.

» Chacun de ces groupes peut être réuni soit à l'une, soit à l'autre de deux sections de l'H omnibus basse tension.

» Ajoutons que quelques autres feeders aériens vont alimenter directement quelques grosses installations de clients, ou quelques sous-stations de tramways suburbaines pas très éloignées.

» A l'origine de chaque feeder aérien, ou de chaque groupe de feeders souterrains, on a placé un survolteur permettant de régler la tension de distribution en ville. Pour les feeders souterrains qui sont relativement courts, les chutes de tension ne sont pas considérables, et les différences entre ces chutes de tension d'un feeder à l'autre sont assez faibles. Aussi, on a placé un seul régulateur de potentiel pour les six feeders d'un même groupe.

» Au contraire, pour les feeders aériens, plus longs, plus chargés, et où les chutes de tension sont plus fortes, un régulateur est prévu pour chaque feeder.

» Ces régulateurs sont de simples survolteurs du type à induction : secondaire en série prenant une orientation variable dans le champ primaire alimenté en dérivation. Les mouvements du secondaire sont commandés par un moteur à courant continu, lui-même commandé par un relais dont le fonctionnement est contrôlé au moyen du dispositif suivant :

» On a réalisé un circuit comprenant une résistance et une self réglables et alimenté par les secondaires de deux transformateurs dont l'un a son primaire branché en dérivation sur le potentiel

constant, et l'autre a son primaire en série dans la phase correspondante. Il est facile de se rendre compte qu'au moyen d'un réglage convenable de la self l et de la résistance r , on pourra obtenir dans le circuit réalisé un courant dont la valeur sera, à chaque instant, proportionnelle à la valeur de la différence de potentiel E , à l'extrémité du feeder de résistance R et d'impédance L . Ou bien, ce qui

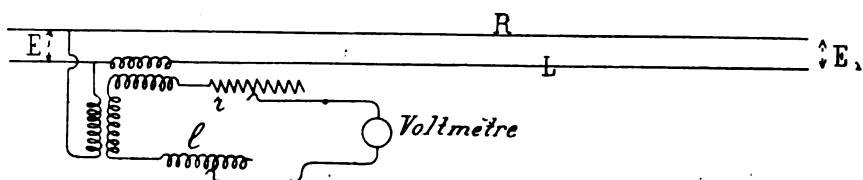


Fig. 7. — Schéma du circuit pilote.

revient au même, un voltmètre V branché dans ce circuit pourra, à chaque instant, marquer la valeur de E .

» C'est là une manière très habile et ingénieuse de supprimer le fil-pilote.

» On aurait, par la lecture du voltmètre, un moyen de contrôler un réglage à la main de la tension E . Mais on peut aussi faire servir le courant qui circule dans le circuit-pilote, à la commande par relais, du moteur de manœuvre du survolteur.

» C'est cette solution qu'on a adoptée et qui assure à l'extrémité des feeders une tension constante.

» L'amplitude prévue du réglage possible est ± 5 pour 100 pour les feeders souterrains et $\pm 7,5$ pour 100 pour les feeders aériens.

» Les survolteurs sont isolés à l'huile, refroidis à l'eau comme les transformateurs principaux, et installés à l'étage des tableaux et derrière ces tableaux.

» Il nous reste à étudier le réseau basse tension, alimenté par les feeders. Ce réseau en filet, avec toutes les mailles en parallèle, est à quatre fils, neutre à la terre, 120 volts entre les fils extérieurs et le neutre.

» Comment ce réseau est-il lié aux feeders et quel est l'ensemble des moyens de surveillance et de contrôle ?

» On a choisi 42 centres de distribution et, en chacun de ces points, on a construit un poste spécial, presque toujours souterrain, établi

sous le sol même des voies ou des trottoirs, appelé *cave de transformateurs*.

» Dans chaque cave arrive soit un feeder venant directement de

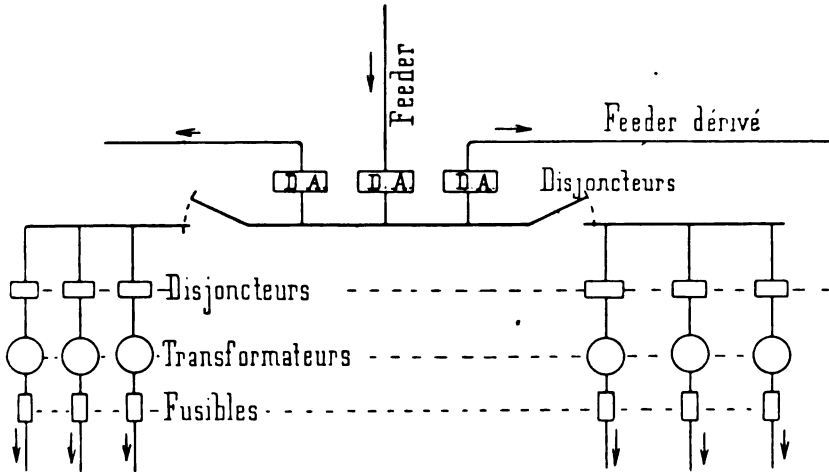


Fig. 8. — Schéma des connexions d'un poste souterrain de transformation et de distribution.

Frei-Caneca, soit un feeder dérivé venant d'une cave voisine. Ce feeder alimente dans la cave un certain nombre de transformateurs d'un des deux types uniformes de 80 kilowatts ou de 40 kilowatts. Les secondaires alimentent les abonnés de la région voisine du poste et des connexions mettent en parallèle tous les câbles à quatre conducteurs pour rendre l'ensemble du réseau basse tension aussi homogène et tenu que possible. Sur la basse tension de chaque transformateur il y a un fusible.

» Voyons maintenant de quels moyens de contrôle on dispose pour surveiller l'ensemble de cette distribution, pour localiser les accidents et en atténuer les conséquences.

» D'abord, à l'origine de chaque grand feeder à Frei-Caneca, est prévu un disjoncteur du type étudié tout à l'heure, avec bobine automatique. Les manettes de manœuvre et les lampes de contrôle font partie du tableau de Frei-Caneca. C'est d'ailleurs là le seul contrôle installé à l'usine, car on a opéré une très heureuse décentralisation du contrôle général, de la façon suivante :

» Dans tous les postes ou caves de transformateurs, l'arrivée du feeder, le départ des feeders dérivés, la haute tension de chaque transformateur sont soumis au contrôle d'un disjoncteur tripolaire

du type déjà vu, quelquefois avec bobine automatique et toujours avec la commande par courant continu. Une distribution spéciale de continu 500 volts est prévue pour ce service.

» On a concentré en deux points seulement, éloignés d'environ

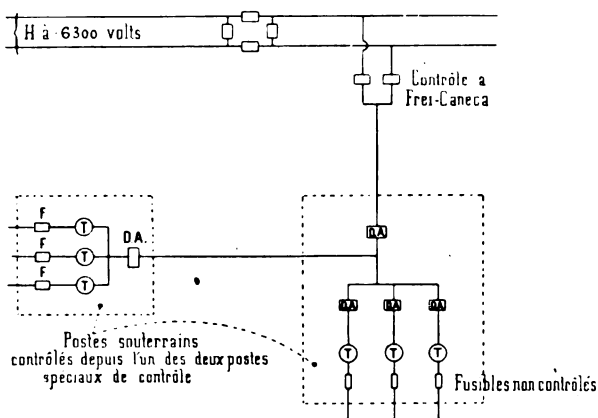


Fig. 9. — Schéma général du contrôle de la distribution.

5 km, les manettes de commande de tous les disjoncteurs et interrupteurs. Les manettes, dans chacun de ces postes, sont groupées sur un tableau qui doit en porter une centaine. Actuellement il n'y a en tout que 169 manettes utilisées.

» Deux hommes sont jour et nuit de service pour la surveillance des lampes rouges et vertes qui s'allument ou s'éteignent, et la manœuvre des manettes.

» Un circuit téléphonique spécial et privé relie à tout instant les deux postes de manettes à un troisième bureau central où un ingénieur chef de service demeure en permanence. Il a devant les yeux une grande carte de la ville avec les détails de la distribution dessinés en gros traits, et le plan schématique des diverses caves de transformation. A l'aide de petits voyants verts et rouges facilement amovibles, il indique sur sa carte, à chaque instant, les transformateurs en charge et les feeders en action. Des indications téléphoniques lui sont envoyées par les postes de manettes et par des patrouilles spéciales qui, jour et nuit, parcourent le réseau basse tension, visitent les caves de transformateurs, mesurent les tensions et vérifient les fusibles basse tension. L'examen de sa carte et la connaissance des tensions sur le réseau basse tension permettent à ce

chef du poste central de donner ses ordres aux hommes des manettes pour la mise en service ou la rupture de tel ou tel transformateur, de tel ou tel feeder. Il a absolument les allures, le rôle et les moyens de renseignement d'un général en chef dirigeant une opération militaire.

» Ajoutons quelques détails sur la construction des postes ou caves de transformateurs. Établis, comme nous l'avons dit, sous le sol des voies ou des trottoirs, et creusés dans un sol humide et imbibé d'eau, il a été nécessaire de les construire absolument étanches. Ils sont très fortement damés et cimentés sur toutes leurs parois et fermé par un tampon hermétique. Tous les appareils sont disposés de façon à ce qu'une inondation partielle du poste ne les mette pas hors de service.

» D'ailleurs il y a dans chaque poste une pompe et un ventilateur, lequel marche à peu près constamment. Malgré cela, quand on ouvre une cave, la température atteint facilement 55°, ce qui n'a rien d'étonnant à cause de la construction hermétique de ces postes et leur exigüité forcée.

» On y accède par une échelle de fer et un téléphone est naturellement installé dans le poste pour le service du contrôle.

» Nous aurons fini cette étude trop rapide et trop superficielle quand nous aurons dit que les câbles 6300 volts ou les câbles à 4 fils basse tension souterrains sont en général placés dans des conduites formées de tuyaux en aggloméré de fibre et de gutta, eux-mêmes entourés de ciment. Cette gaine présente l'avantage de permettre une pose plus facile des câbles, et d'être imperméable à l'eau.

» En terminant, j'indiquerai, Messieurs, que par un accord récemment passé entre la Light et le district fédéral, les prix de vente de l'énergie seront désormais les suivants :

» Éclairage, 400 reis le kilowatt-heure jusqu'en 1940.

» Force, variable suivant la consommation de 250 à 60 reis par kilowatt-heure (1).

» Quant à la fourniture actuelle d'énergie, elle est actuellement de :

(1) Le milreis a maintenant un cours à peu près fixe de 1,65 fr.

- » 800 000 kilowatts-heures par mois pour l'éclairage public ;
- » 1 200 000 — pour les tramways ;
- » 2 000 000 — de force et lumière aux abonnés.

» Cette production croît très rapidement et en particulier l'éclairage public sera extrêmement étendu, et surtout du côté de l'éclairage par circuit d'arcs à intensité constante.

M. le PRÉSIDENT remercie M. Mongin qui a décrit d'une façon fort intéressante l'installation électrique toute moderne de Rio-de-Janciro : il sera instructif, par la suite, de connaître les résultats que peut donner, malgré la complication de son ensemble, cette distribution à forte tension.

**PREMIERS RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE SUR LES ACCIDENTS DUS AUX SURTENSIONS
ET AUX COURTS-CIRCUITS DANS LES USINES ET LES RÉSEAUX.**

M. LEGOUÉZ. — « La première section de votre Comité a ouvert une enquête sur les *accidents dus aux surtensions et aux courts-circuits dans les machines* (générateurs, moteurs, convertisseurs, transformateurs).

» Le développement considérable qu'ont pris, depuis quelques années, la puissance des unités et des usines génératrices, la vitesse de rotation des alternateurs commandés par turbines à vapeur, l'extension des réseaux de distribution haute tension tant souterrains qu'aériens, ont fait apparaître une série de phénomènes nouveaux, dont ont à souffrir les exploitants et que les constructeurs, malgré toute leur science, n'ont pu prévoir, faute d'une expérience suffisamment longue, pour leur permettre de connaître et la technique de ces phénomènes et les mesures à prendre, sinon pour en éviter le retour, tout au moins pour en limiter les effets.

» Les constructeurs de machines à vapeur ont eu à lutter contre des difficultés analogues quand ils ont augmenté la puissance des machines et des chaudières, la pression de la vapeur, la longueur et la complication des tuyauteries de vapeur. Eux aussi ont eu des accidents, se sont trouvés en présence de problèmes nouveaux et imprévus qui n'ont été résolus qu'avec le temps, une longue expérience et surtout la collaboration de puissantes associations comme les Sociétés d'industriels de Mulhouse.

» Votre première section a cru qu'il était de son devoir d'essayer de jouer un rôle analogue pour l'industrie électrique, dont le développement infiniment plus rapide que celui de la construction des machines à vapeur se heurte fréquemment à de nouvelles difficultés et soulève de nouveaux problèmes. C'est dans cet esprit et dans ce but qu'elle a abordé l'enquête dont le libellé vient d'être rappelé.

» Elle a déjà reçu d'assez nombreux renseignements, et je crois être l'interprète de la première section et de tout le Comité en exprimant sa gratitude aux exploitants et industriels qui ont bien

voulu la documenter et qui ont compris, suivant l'expression de l'un d'eux, que le remède aux accidents qui se produisent « ne » pourra se trouver que par une collaboration très sincère des intéressés ».

» Parmi ces renseignements il en est une catégorie qui, par la netteté et l'on peut dire l'uniformité des phénomènes, permet d'ores et déjà d'en bien faire ressortir les causes, d'en suivre le développement et les effets : il s'agit de la répercussion sur tout un réseau d'une surtension provoquée par un accident très localisé.

» La Commission a estimé qu'il serait utile de faire connaître ce qu'elle savait déjà sur ce point important et elle espère que l'exposé qui va en être fait provoquera de nouvelles communications et surtout incitera les plus autorisés de nos collègues à chercher le remède à un mal nettement défini.

» Quelques exemples les plus typiques des accidents, sur lesquels des renseignements ont été fournis, vont montrer quel est l'état de la question et le problème à résoudre.

» *Premier exemple.* — Ce premier exemple a été choisi parmi les plus simples.

» Il s'agit d'un réseau à 10250 volts, triphasé, 25 périodes. Au moment de l'accident, des alternateurs en parallèle sur le réseau pouvaient ensemble développer une puissance de 10000 à 12000 kw.

» L'un des feeders A branché sur les barres principales subit une avarie à quelques centaines de mètres du tableau. Par suite du défaut, l'une des phases du câble avarié fut mise à la terre, ce qui eut comme conséquence de développer des surtensions sur les autres phases, dont l'effet se fit sentir sur les autres feeders reliés aux barres du tableau alimentant le câble avarié. Cet effet fut particulièrement sensible sur une phase d'un certain feeder B.

» La figure 1 est un schéma de l'installation d'une phase du feeder B.

» Sur chaque phase est branché en dérivation un limiteur de tension composé de rouleaux en bronze à 24 intervalles; en série avec ce limiteur est placée une résistance liquide, composé d'un tube en U rempli d'eau distillée; cette résistance est elle-même reliée à une barre de terre commune à tous les feeders.

» A l'étage inférieur se trouve d'abord un couteau de mise à la terre, puis un réducteur d'intensité et enfin la boîte d'extrémité à laquelle est raccordé le feeder. Les avaries constatées étaient les suivantes :

» Le limiteur de tension était en partie brûlé; la résistance

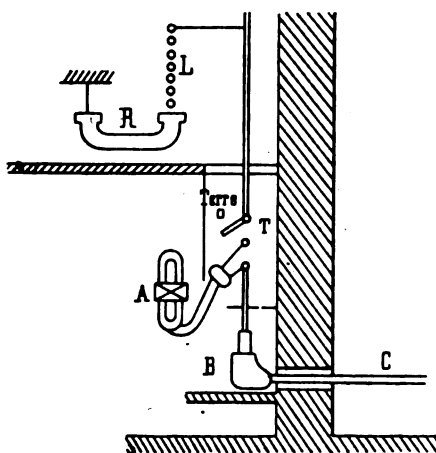


Fig. 1. — C. Câble.

B. Boîte d'extrémité.

A. Réducteur d'intensité.

T. Couteau de mise à la terre.

L. Limiteur de tension.

R. Résistance liquide.

liquide, placée en série avec ce limiteur, était vide; l'eau qui la remplissait avait été projetée avec violence en dehors du tube en U. Ces diverses avaries indiquent qu'il était passé par le limiteur un débit important, qui avait échauffé la résistance liquide, l'avait amenée à l'ébullition; l'ébullition était bientôt devenue violente et l'eau avait été projetée en dehors du tube en U; ce qui avait coupé la communication avec la terre.

» Une seconde série d'avaries montre nettement quelle nouvelle liaison avec la terre s'était établie sous l'action de la surtension, après la mise hors de service du limiteur de tension.

» Un arc avait sauté, à l'étage inférieur, entre le couteau de mise à la terre et le ciment armé constituant les séparations des différentes phases. Il existait, sur la plaque de ciment armé, un trou de 5 à 6 cm de largeur sur une profondeur de 8 à 10 mm. Les tiges de

fer, constituant l'armature du ciment armé, avaient été mises à nu au fond de ce trou, mais ne portaient pas trace de brûlure.

» On peut remarquer en passant que l'arc avait dû franchir, pour atteindre la plaque de ciment armé, un intervalle d'air de 12 cm au moins. On s'explique difficilement pourquoi il s'est produit dans cette direction, alors que le plot de mise à la terre semblait offrir un chemin plus direct et plus résistant. Mais il s'agit là d'un phénomène secondaire sur lequel il y a d'autant moins lieu d'insister qu'il est fréquent que les arcs suivent les chemins les plus imprévus et les plus déconcertants.

» L'exemple qui vient d'être donné est remarquable par sa simplicité et révèle, sans ambiguïté, que les surtensions se produisant sur un feeder peuvent agir sur un autre feeder relié aux mêmes barres.

» *Deuxième exemple.* — Ce point bien établi, on peut aborder un second exemple un peu plus complexe, où plusieurs câbles et l'alternateur lui-même sont intéressés.

» Il s'agit encore d'un réseau à 10 250 volts, 25 périodes; le débit était de 5000 à 6000 kw environ.

» Pour plus de clarté, les trois phases seront distinguées par la dénomination de phases blanche, rouge et bleue, et les trois feeders intéressés par les lettres A, B et C.

» Voici tout d'abord un exposé des faits :

» Deux violentes déflagrations, accompagnées de lueurs intenses venant du tableau de distribution, se produisirent à deux ou trois secondes d'intervalle. A la seconde déflagration, l'interrupteur du câble A déclencha en même temps que celui de l'alternateur. Une visite immédiate permit de constater les phénomènes suivants :

» 1° Sur le câble A, l'interrupteur était déclenché, comme il vient d'être dit, sans autres dégâts;

» 2° Sur le câble B, le limiteur de tension de la phase *blanche* avait fonctionné.

» Les rouleaux de ce limiteur étaient en partie fondus et soudés les uns aux autres. L'eau contenue dans la résistance liquide placée en série avec ce limiteur avait été projetée violemment en dehors du

tube en U, dans lequel il ne restait plus que quelques millimètres d'eau, les électrodes ne plongeant plus dans le liquide.

» 3° Du côté des appareils de protection de l'alternateur, non seulement l'interrupteur était déclenché, mais en outre un limiteur hydraulique à jet d'eau, placé sur la phase *rouge*, s'était vidé brusquement et l'eau avait été projetée sur les isolateurs placés au-dessus, à une distance d'environ 1,50 m.

» Rien d'anormal n'étant signalé dans les sous-stations, la tension fut rétablie progressivement sur tous les câbles enclenchés avant l'accident, sauf sur le câble A dont l'interrupteur avait déclenché.

» Aussitôt après cette remise en tension, les limiteurs de tension de presque tous les feeders enclenchés donnaient lieu à des décharges inquiétantes sur les phases *rouge* et *blanche*.

» Un court-circuit qui se produisit quelques instants après sur un troisième câble C expliquait les divers phénomènes constatés et y mettait fin. On reconnut plus tard que ce câble était avarié et sectionné dans son parcours en tranchée.

» Dans ce second exemple on constate tout d'abord comme dans le premier le phénomène de répercussion des avaries du câble C sur les appareils de protection des autres câbles : interrupteur du câble A, limiteur de tension de la phase *blanche* du câble B, limiteurs de tension des phases *blanche* et *rouge* de la plupart des câbles reliés aux barres principales.

» Le phénomène nouveau, c'est le déclenchement de l'interrupteur de l'alternateur et la mise hors service du limiteur hydraulique de la phase *rouge* de cet alternateur.

» Ces accidents complémentaires s'expliquent par le débit considérable, créé par la surtension, qui avait été assez important pour porter à l'ébullition et vider le limiteur hydraulique à jet d'eau. On verra plus loin la valeur considérable que peut atteindre le débit d'un courant de cette nature dans un accident où des appareils enregistreurs ont permis de connaître ce débit avec une grande exactitude.

» *Troisième exemple.* — Dans le troisième exemple, la surtension s'est fait sentir dans une sous-station éloignée et non plus seule-

ment sur les appareils directement reliés aux barres du tableau de l'usine génératrice.

» Les alternateurs triphasés 10250 volts, 25 périodes, reliés aux barres principales, pouvaient débiter 10 à 12000 kw.

» Les phases seront toujours distinguées en phases blanche, rouge et bleue; les quatre câbles intéressés seront désignés par les lettres A, B, C et D, et la sous-station par la lettre S.

» Voici les faits : l'accident débute, comme dans l'exemple précédent, par le déclenchement de l'interrupteur du câble A, avec détonation.

» Puis un nouveau court-circuit se produit et l'on constate, lorsqu'on peut accéder au tableau, les dégâts suivants :

» 1° Sur le câble A dont l'interrupteur a déclenché, les limiteurs de tension des phases *rouge* et *blanche* sont avariés; les rouleaux sont fondus et soudés ensemble; le métal en fusion a été projeté jusque sur les barres principales. Un arc a sauté sur les supports métalliques des limiteurs des mêmes phases.

» En outre, l'eau de la résistance liquide de la phase rouge a été portée à l'ébullition et projetée sur le sol; cette eau est encore bouillante.

» 2° Sur le câble B le limiteur de tension de la phase *rouge* est brûlé et l'eau de la résistance liquide répandue sur le sol.

» En outre, un fort coup de feu s'est produit entre les trois phases et la terre, aux couteaux situés immédiatement avant la boîte d'extrémité.

» 3° A la sous-station S, reliée par le câble C aux barres de l'usine, les limiteurs placés sur les phases *rouge* et *blanche* ont fonctionné; l'eau des résistances liquides s'est échauffée; la résistance ohmique en série avec les limiteurs a diminué et le débit est devenu suffisant pour produire la fusion des rouleaux et déterminer un arc qui a sauté sur les parties métalliques, supportant les limiteurs et reliées à la terre générale par des fils de cuivre nu de 35/10 de diamètre. Ces fils ont fondu; mais il résulte de leur inspection que leur fusion a été occasionnée plutôt par l'arc que par échauffement dû à une trop grande intensité. Ils ne sont pas, en effet, recuits sur toute leur longueur, alors que certains points sont fondus.

» Cet accident a été dû à la surtension causée dans les phases

rouge et blanche par la mise à la terre de la phase bleue d'un câble D, sans qu'il y ait eu de débit dangereux. Cette mise à la terre de la phase bleue a été déterminée par l'enfoncement d'un poinçon dans le câble D par un ouvrier, occupé à faire un branchement de gaz.

» Le Tableau ci-après résume les incidents signalés dans les trois exemples et permet de voir rapidement la succession des phénomènes qui viennent d'être exposés en détail :

Premier exemple.

Câble A.	Câble B.
Défaut sur une phase.	Sur une autre phase.
	Limiteur de tension fondu.
	Résistance liquide en série vidée.
	Arc amorcé sur une cloison en ciment armé.

Deuxième exemple.

Câble C.	Alternateur.	Câble A.	Câble B.
Avarié et sectionné.	Phase rouge.	Déclenchement de l'interrupteur.	Phase blanche.
	Déclenchement de l'interrupteur.	Déclenchement de l'interrupteur.	Limiteur de tension fondu.
	Limiteur à jet d'eau vidé.		Résistance liquide en série vidée.

Troisième exemple.

Câble D.	Câble A.	Câble B.	Sous-station S. Câble C.
Phase bleue.	Phases rouge et blanche.	Phase rouge.	Phases rouge et blanche.
Mise à la terre sans grand débit.	Déclenchement de l'interrupteur.		
	Limiteurs de tension fondus, rouge et blanc.	Limiteur de tension fondu.	Limiteur de tension fondu.
	Résistance liquide en série rouge vidée.	Résistance liquide en série vidée.	
	Arc sur les supports des limiteurs rouge et blanc.	Fort coup de feu entre les trois phases et la terre.	Arc sur les supports des limiteurs de tension.

» *Quatrième exemple.* — Le quatrième exemple est pris sur un réseau haute tension de 100 km, qui débite au moment de l'accident environ 2500 kw sous 5000 volts triphasés.

» Un court-circuit entre les trois phases et la masse s'est produit

dans un manchon de jonction d'un câble haute tension, par suite d'une poche d'eau. La chaleur dégagée à ce moment fit probablement fondre la matière isolante et assura ainsi un isolement suffisant pour supporter la tension. Peu à peu l'isolement diminua et le court-circuit se reproduisit plusieurs fois ; finalement, le défaut persista d'une façon constante.

» Ces court-circuits successifs produisirent une surtension considérable, dont l'effet se fit sentir dans tout le réseau.

» Les principaux désordres signalés furent les suivants :

» 1° Nombreux coups de feu dans un poste de transformateurs ;

» 2° Une boîte d'extrémité d'un câble s'est ouverte et une phase s'est mise à la terre ;

» 3° Un disjoncteur, dont les bobines de déclenchement étaient directement sur la haute tension, subit des coups de feu ; les bobines sont détériorées et mises à la masse ;

» 4° Un transformateur voisin du lieu d'accident eut une galette avariée sur une phase ;

» 5° Des limiteurs de tension fonctionnèrent, quoique éloignés de plusieurs kilomètres du câble avarié ;

» 6° Ce genre d'accident se produisit notamment dans une sous-station, bien que les ampèremètres branchés sur le câble la reliant à l'usine génératrice n'aient indiqué aucun débit appréciable.

» On retrouve dans cet exemple des effets de même nature que dans les précédents ; la propagation d'une surtension locale sur tout un réseau ressort avec une netteté frappante.

» *Cinquième exemple.* — L'usine génératrice d'une puissance d'environ 5000 kilowatts se compose d'alternateurs tournant à la vitesse de 1500 tours à la minute et débite du courant triphasé 50 périodes 6300 volts. Une partie du réseau est alimentée à 15 000 volts par des transformateurs statiques.

» On n'a pas eu à constater d'accidents dans les machines, protégées par des automatiques. Mais il s'est produit sur le réseau en cours d'exploitation de multiples incidents : déclenchements intempestifs d'automatiques, courts-circuits anormaux et surtout effets anormaux de courts-circuits accidentels.

» Chaque rupture de phase et chaque court-circuit dans le réseau

à 15 000 volts est accompagné de fortes surtensions ; chaque mise à la terre d'une phase de ce réseau entraîne un court-circuit par l'apparition d'autres terres en des points que rien ne peut faire considérer comme faibles.

» Les courts-circuits dans le réseau à 6300 volts ou dans celui à 15 000 volts ont, au point de vue de la chute de tension à la Centrale, des effets qui semble dépendre beaucoup de la zone où ils se produisent.

» Les limiteurs de tension à intervalles multiples fonctionnent violemment sur chacune des trois phases, lorsqu'il se produit une rupture de phase, le limiteur de tension de cette phase fonctionne très violemment avant de se mettre au repos ; les limiteurs des deux autres phases continuent à fonctionner avec une certaine activité, par suite de l'augmentation de potentiel par rapport au sol.

» Dans ces divers cas, rupture de phase, court-circuit, mise d'une phase à la terre, il arrive parfois que les tubes des résistances liquides en série soient brisés sur les trois phases.

» Tous ces exemples établissent qu'un court-circuit ou la mise à la terre d'une phase sur un câble détermine des surtensions sur

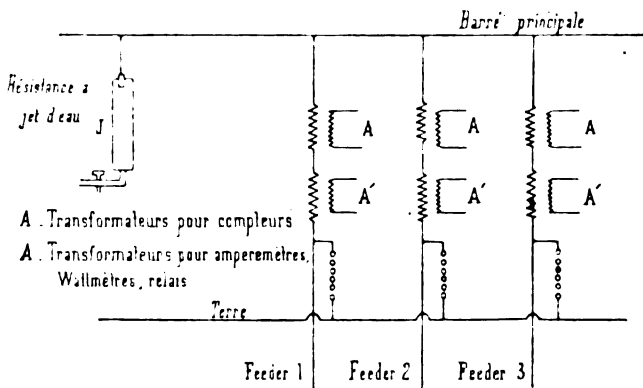


Fig. 3.

tout le réseau que révèle notamment le fonctionnement de limiteurs de tension autres que ceux placés sur ce câble et même le fonctionnement des limiteurs de sous-stations éloignées, sans aucune liaison avec le câble avarié, mais branchées sur les mêmes barres communes de l'usine génératrice.

» Les surtensions arrivent à ces barres en franchissant les diffé-

rents transformateurs de mesure tels que réducteurs d'intensité pour les compteurs, ampèremètres, relais et wattmètres, malgré la self-induction considérable de ces transformateurs (*fig. 2*).

» Ce phénomène est nettement confirmé dans le deuxième exemple où le limiteur liquide à jet d'eau J, placé sur les barres principales a été vidé sous l'effet d'une surtension.

» *Résistances liquides.* — Un phénomène général attire immédiatement l'attention lorsqu'on examine les divers exemples qui viennent d'être rappelés : c'est la régularité et la rapidité avec laquelle les résistances liquides, en série avec les limiteurs de tension, sont mises hors de service.

» Ce phénomène a été étudié avec grand soin, et a fait l'objet de recherches et d'expériences dont voici les principaux résultats.

» Lorsqu'un limiteur de tension commence à fonctionner, le débit qui traverse la résistance liquide ne tarde pas à l'échauffer, ce qui a pour effet de diminuer la valeur ohmique de la résistance. Si la surtension ne dure qu'un temps très court, les rouleaux du limiteur peuvent être avariés plus ou moins gravement, mais la résistance liquide reste intacte.

» Si, au contraire, la surtension persiste plus longtemps, si par exemple, lorsqu'elle est due à la mise à la terre d'une phase, le câble avarié n'est pas isolé très rapidement, l'intensité du courant augmente progressivement avec l'élévation de température ; l'eau ne tarde pas à entrer en ébullition et finit par être projetée violemment sur le sol.

» Les essais ont eu pour but de déterminer la valeur de l'accroissement d'intensité du débit avec la température et le temps nécessaire pour produire l'ébullition.

» A cet effet, une résistance liquide en U, du genre de celle indiquée sur la figure 3, fut montée entre phases sur un alternateur de 350 kilowatts, 10 000 volts.

» Avec de l'eau distillée à la température de 9°, l'intensité du débit fut au début de 0,4 ampère ; cette intensité augmenta lentement et ce n'est qu'au bout de 4 minutes 55 secondes que se produisit l'ébullition avec un débit de 2 ampères environ. Le courant fut alors coupé.

» On eut l'idée de rechercher, s'il ne se produisait pas avec le temps, une modification dans les caractéristiques de la résistance et l'on recommença l'expérience avec de l'eau, prise dans des résistances en service, où elle avait séjourné environ quatre mois. Les résultats qui ont été figurés sur la courbe II sont si nettement différents, qu'il a fallu dans la figure 3 doubler l'échelle des temps. La température initiale était, comme pour l'eau distillée, de 9°. L'inten-

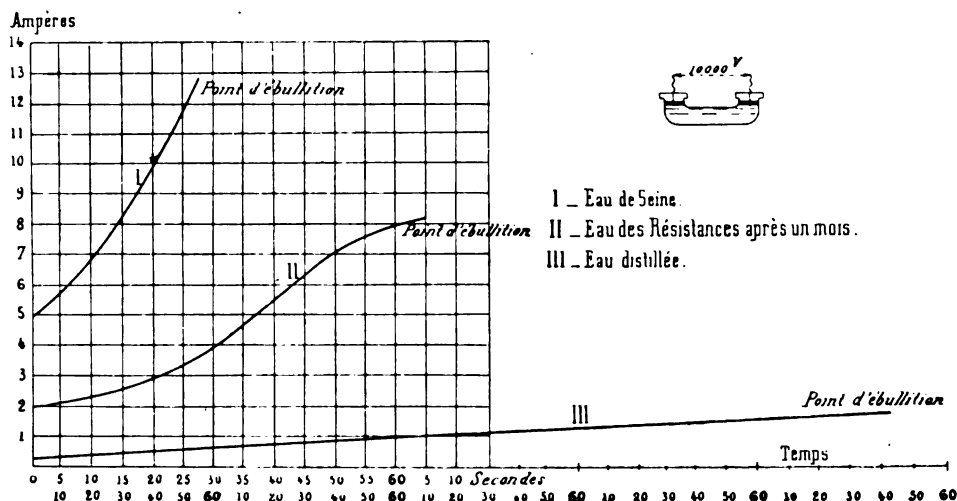


Fig. 3.

sité du courant a été dès le début de 2 ampères, c'est-à-dire celle qui n'avait été atteinte avec l'eau distillée qu'au bout de 5 minutes, au voisinage du point d'ébullition ; elle augmenta très rapidement et atteignit 8 ampères après 62 secondes, moment où l'ébullition commença et où le courant fut coupé.

» La courbe I a trait à un essai fait avec l'eau de Seine, et elle accuse encore mieux l'effet des impuretés de l'eau. Avec une même température initiale, l'intensité fut de 5 ampères au début et l'ébullition commença au bout de 27 secondes seulement avec un débit de 12 ampères.

» Il y a bien évidemment le plus grand intérêt à porter le résultat de ces essais à la connaissance des exploitants, et les services qu'ils peuvent rendre sont tels qu'on ne saurait être trop reconnaissant envers ceux qui les ont si libéralement fait connaître.

» *Premières mesures de précaution.* — On a recherché si, en modi-

fiant la disposition du tableau, on pourrait éviter la propagation des effets de surtension.

» La figure 4 indique une modification au schéma de la figure 2.

» La barre à laquelle sont reliées les résistances en série avec les limiteurs de tension des divers feeders, au lieu de constituer

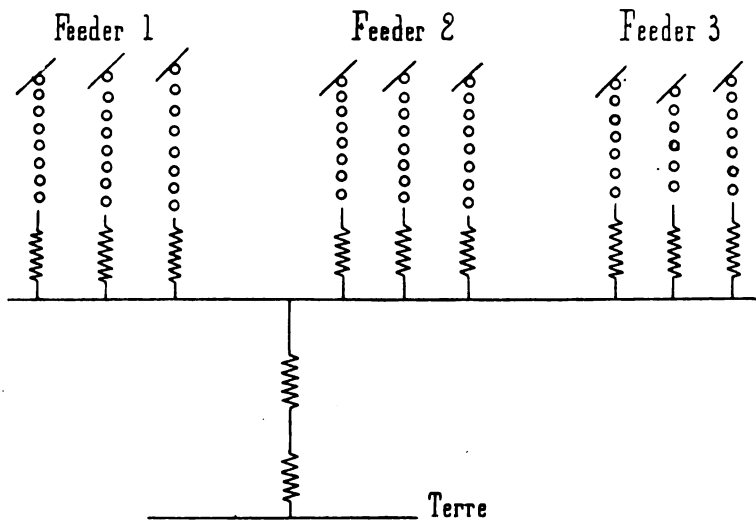


Fig. 4.

une terre franche a été isolée et reliée à la terre par deux résistances liquides en série. On a aussi essayé d'ajouter à ces résistances un nouveau limiteur de tension.

» Ce montage a été effectué sur un tableau à 10250 et, depuis un an, quoiqu'il se soit produit sur le réseau des phénomènes de surtension, dus à la mise brusque à la terre d'une phase ou à un court-circuit entre phases, le réseau et les machines n'ont pas eu à en souffrir.

» D'ailleurs, en ce qui concerne les machines, une expérience déjà longue semble prouver qu'elles sont bien protégées contre les surtensions par les limiteurs à jet d'eau. En tout cas, ces limiteurs, s'ils ont l'inconvénient d'entraîner une perte constante (environ 30 kilowatts) ont l'avantage de présenter une résistance faible au passage des décharges et cela à chaque instant, sans avoir recours à un éclateur toujours susceptible de donner des résonances et dont la fusion des rouleaux est très difficile à éviter.

» Malheureusement, ces dispositifs perfectionnés ne donnent pas encore une sécurité aussi grande qu'il serait à désirer et on se l'explique aisément.

» En effet, la mise à la terre d'un conducteur crée une surtension d'autant plus grande que cette mise à la terre aura été plus instantanée. La tension se trouvant brusquement annulée sur le conducteur I (*fig. 5*), il se produit sur le conducteur II une surten-

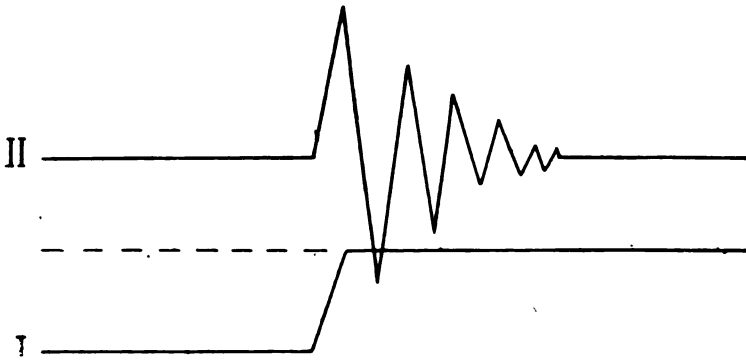


Fig. 5.

sion d'amplitude et de fréquence décroissante, suivant une loi oscillatoire.

» Cette surtension produit des courants de charge et de décharge de très grande fréquence et de forme oscillatoire, courants qui peuvent entrer en résonance pour une valeur appropriée de la self et de la capacité. Ces courants seront donc renforcés à certains instants et leur amplitude maximum formera une nouvelle fonction oscillante. L'ensemble de ces phénomènes occasionne dans le réseau une perturbation dangereuse. Les points les plus faibles sauteront et pourront créer de nouvelles surtensions. Si leur action vient s'ajouter à la cause initiale, les appareils de sécurité, dont on dispose, peuvent devenir insuffisants.

» Un exemple fera mieux comprendre la complexité et la superposition des effets.

» *Sixième exemple.* — En raison de la multiplicité des phénomènes, l'exposé chronologique des diverses constatations paraîtrait d'autant plus obscure que la cause initiale n'a été découverte que tardivement lorsque le câble avarié a été automatiquement coupé.

L'exposé ci-après donne la suite des phénomènes telle qu'elle a pu être reconstituée.

» Le réseau était un réseau diphasé, comportant en réalité quatre phases ; la tension entre phases diamétralement opposées bleue et blanche, ou rouge et noire, était de 12 500 volts. Une partie du réseau était alimenté à 6000 volts par deux transformateurs statiques de 900 kilowatts, branchés sur les barres principales à 12 500 volts. La puissance totale des machines en service, au moment de l'accident était de 12 000 kilowatts ; mais la charge totale était seulement de 6000 kilowatts.

» Au cours d'un travail en galerie, un coup de pioche avait blessé un certain câble A. La fermeture de l'interrupteur de ce câble avarié détermina une surtension sur le réseau par la mise à la terre de la phase *blanche*.

» Le premier effet de la surtension fut de déterminer dans une sous-station S un arc entre la terre et le limiteur de la phase *bleue*. L'interrupteur du circuit bleu blanc à la sous-station S, qui était à *déclenchement instantané*, coupa brusquement. Cet interrupteur, calculé pour une puissance normale de 1000 kw, ne put supporter l'énorme débit du court-circuit alimenté par des génératrices de 12 000 kw, débit d'autant plus intense que l'interrupteur, n'étant pas à temps, a dû couper sous la pleine tension. Le bac en fonte de cet interrupteur éclata et, par suite du court-circuit entre phases et terre, une nouvelle surtension se produisit, dont le premier effet fut de faire déclencher à la centrale l'interrupteur du câble B, reliant la sous-station à l'usine.

» Cette surtension amorça en outre un court-circuit violent sur le réseau à 6000 volts qui fit ronfler les alternateurs et déclencher automatiquement. Au démontage, on constata (*fig. 6*) qu'un arc avait sauté à l'intérieur du transformateur entre la borne d'entrée de la phase *bleue* et le serpentín de refroidissement dans l'huile ; la distance entre ces deux points est d'environ 12 cm.

» Les enroulements des transformateurs étaient en bon état et, après remplacement d'une porcelaine avariée, ils purent être remis en service. Il est à remarquer que le limiteur de tension à rouleaux avec résistance liquide en série, placé aux bornes mêmes du transformateur, ne présentait aucune trace de brûlure.

» A partir de ce moment, on constata que les limiteurs de la phase *bleue* des divers feeders fonctionnaient d'une façon presque continue par suite de la surtension créée par la mise à la terre de la phase *blanche* du câble A, qui était resté enclenché, la mise à la terre n'étant pas assez franche pour déterminer un court-circuit. Le fonctionnement des limiteurs phase *bleue* était particulièrement violent

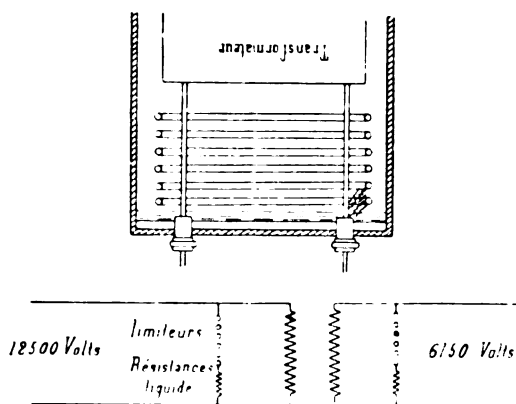


Fig. 6.

sur les câbles C et D. Le câble D dut même être coupé par crainte de fusion des rouleaux du limiteur, phase *bleue*, de ce câble.

» Environ 10 minutes après, on enclencha un nouveau câble E. Presque aussitôt, il déclencha automatiquement sur un court-circuit violent, qui fit ronfler fortement les machines. A la sous-station S' desservie par ce câble E le limiteur de tension de la phase *bleue* fut fondu. Les enregistreurs indiquèrent que le court-circuit avait atteint 15000 kw.

» Quoique les limiteurs continuassent à cracher d'une façon presque permanente sur la phase *bleue*, on réenclencha le câble C et l'on mit une nouvelle machine en parallèle sur les barres principales.

» Enfin cinquante minutes après le début de ces incidents multiples le défaut du câble A s'accrut et intéressa les 4 phases. Un court-circuit violent se produisit entre phases et la terre, amenant une surtension qui détériora le limiteur phase *noire* de ce câble, dont les rouleaux furent en partie fondus et soudés les uns aux autres. L'eau de la résistance liquide était brûlante et légèrement répandue

sur le sol, mais les électrodes étaient toujours en contact. Sur le limiteur de la phase *bleue* un arc avait sauté du couteau de mise à la terre aux cloisons en ciment armé; la résistance liquide était intacte.

» Sous l'action de ce court-circuit, l'interrupteur du câble A, cause première de tous les incidents, déclencha; les limiteurs des autres câbles rentrèrent au repos et le service fut repris normalement.

» Dans cet exemple, la surtension due à la mise d'une phase à la terre d'un câble A, détermina donc :

» 1^o Un court-circuit dans une sous-station par suite du déclenchement d'un interrupteur à action instantanée;

» 2^o Un arc à la terre à une borne haute tension d'un transformateur statique;

» 3^o Le déclenchement automatique de l'interrupteur d'un câble E sur lequel on constata un court-circuit de 15000 kw.

» Chacun de ces courts-circuits est venu renforcer l'effet de la surtension primitive, et il fallut près d'une heure pour que le défaut du câble, primitivement avarié, s'accroût au point de faire déclencher son propre interrupteur.

» Comment éviter le retour de pareils incidents? Telle est la question qui se pose. On en connaît les effets, la cause première, on peut même dire la marche; plus il sera envoyé de renseignements, plus les lois de cette propagation des effets d'une surtension ou d'un court-circuit seront mieux connues, et, s'il est vrai qu'un problème bien posé est résolu, un des membres si expérimentés, si autorisés de notre association ne manquera pas de trouver le remède et de rendre ainsi un service signalé à l'industrie électrique.

» Mais la première condition est que tous vous apportiez votre collaboration au Comité, en lui envoyant des renseignements aussi nombreux et aussi précis que possible. L'exposé qui vient d'être fait sur une question toute spéciale a eu pour but de vous montrer quels pouvaient être les avantages d'une large et sincère collaboration.

» Elle sera encore bien plus utile dans l'étude des courts-circuits dans les machines, où les renseignements déjà parvenus révèlent des

effets électriques et électrodynamiques du plus haut intérêt. Mais pour que la Commission puisse dégager les lois de ces phénomènes et poser des problèmes techniques précis aux savants et aux constructeurs, il faut que tous les constructeurs et les exploitants lui apportent le concours de leur expérience et confessent leurs déboires.

M. le PRÉSIDENT remercie très vivement M. Legouëz pour la Communication de ces résultats et se joint à lui pour souhaiter qu'ils provoquent l'apport de toutes observations relatives à cette catégorie d'accidents, afin de les coordonner et d'en tirer des conclusions utiles à la pratique.

La séance est levée à 10 h 40 m du soir.

DISCOURS

PRONONCÉ PAR M. LE PRÉSIDENT A. BOCHET AUX OBSÈQUES DE M. GEORGES BERGER,
PRÉSIDENT FONDATEUR DE LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS,
DÉCÉDÉ LE 8 JUILLET 1910.

« MESDAMES, MESSIEURS,

» La Société internationale des Électriciens tient à rendre un particulier hommage à la mémoire de l'homme éminent dont la tombe va se fermer.

» M. Georges Berger fut le fondateur de notre Société qu'il présida durant les deux premières années de sa création.

» Cette œuvre était la suite naturelle de ce qu'il avait fait, dès l'aurore des grandes applications de l'Électricité pour en assurer les rapides progrès.

» Commissaire général de l'Exposition internationale d'électricité et du Congrès international des Électriciens en 1881, il prit, avec notre ancien et très regretté Président Mascart, sous l'égide de J.-B. Dumas, la part la plus importante au succès retentissant de ces deux grandes manifestations. Les fonctions d'Administrateur-délégué de la Maison Bréguet, dont il assumait la charge en 1882, le firent entrer personnellement dans l'industrie électrique.

» C'est grâce à la persévérante intervention de M. Georges Berger auprès du Ministre des Postes et Télégraphes que l'État créa, par un décret de 1882, le Laboratoire central d'Électricité, en affectant à son organisation l'excédent des recettes de l'Exposition de 1881.

» Le Ministre reconnut la nécessité de donner la plus large autonomie à cette institution nouvelle pour en assurer la vitalité.

» C'est ainsi que la Société internationale des Électriciens fut chargée d'organiser et d'entretenir le Laboratoire central d'Électricité.

» Le succès de cette œuvre fait grand honneur à notre Société et l'amena ensuite à créer l'École supérieure d'Électricité. Il est juste

d'en attribuer le mérite à l'actif dévouement de M. Georges Berger.

» Parmi les éminents services qu'il a rendus à notre Société, il convient de mentionner encore l'organisation si heureuse de l'Exposition tenue en 1885 à l'Observatoire de Paris.

» Nombre de progrès importants s'y manifestèrent, entre autres celui de la transformation des courants au moyen des générateurs secondaires de Gaulard et Gibbs, qui ouvrirent l'ère du développement grandiose des transmissions électriques de puissance à longues distances, auquel nous assistons aujourd'hui.

» Enfin l'Exposition universelle de 1889, si magistralement organisée par M. Georges Berger, fut pour lui une nouvelle occasion d'apporter aux électriciens le plus précieux appui.

» En confiant à un syndicat la direction des Services électriques de l'Exposition, M. Georges Berger obtint les brillants résultats que seul permet d'atteindre l'entier concours d'initiatives privées.

» Convaincu de cette idée, il savait judicieusement choisir et s'assurer les collaborations utiles. Il les obtenait sans peine, grâce à la confiance qu'inspiraient ses constants succès, à l'entrain qu'il communiquait à tous et à son souci de ménager toujours les intérêts légitimes de ses collaborateurs.

» S'il faisait souvent appel au désintéressement de chacun pour le bien commun, il ne voulait pas que le succès d'une œuvre reposât sur la ruine de ses artisans.

» Ce court résumé des services rendus par M. Georges Berger à la Société internationale des Électriciens, fait ressortir toute la reconnaissance que nous lui devons. Nous en apportons ici le témoignage par l'expression émue de nos vifs regrets.

» Nous prions sa famille d'agréer notre respectueuse sympathie pour la douleur qui l'accable. »



BIBLIOGRAPHIE.

Recherches sur les propriétés thermomécaniques des corps solides, par Louis Roy, Préparateur à l'École supérieure d'Électricité. Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris pour l'obtention du grade de docteur ès sciences. 1 vol. in-4°. Paris, Gauthier-Villars, 1910.

Les équations classiques de l'élasticité ne permettent d'étudier les déformations subies par un solide soumis à l'action de forces que lorsqu'aucune variation de température n'accompagne l'application de ces forces ou ne résulte des déformations subies.

De même, la loi de Boyle-Mariotte ne permet de calculer en fonction de la pression le volume occupé par une masse de gaz que lorsque cette variation de volume est assez lente pour être isotherme. Lorsqu'on a voulu tenir compte des dégagements de chaleur accompagnant les variations de volume et de pression, il a fallu créer une science spéciale : la Thermodynamique.

Il a fallu de même appliquer les lois générales de la Thermodynamique lorsqu'on a voulu tenir compte des dégagements de chaleur se produisant dans le mouvement des milieux élastiques quelconques.

C'est Duhamel qui, en 1835, jeta les bases de cette nouvelle branche de la Physique mathématique à laquelle s'attaquèrent plus tard des mathématiciens tels que MM. Boussinesq et Duhem, et à laquelle M. Roy vient d'apporter, croyons-nous, une contribution importante.

M. Roy établit d'abord les équations du mouvement et de la température dans le cas d'un corps de texture quelconque en partant de l'équation fondamentale de l'Énergétique et en appliquant la méthode des variations.

Dans le cas particulier des corps isotropes, on arrive à ce résultat qu'en plus des deux coefficients de Lamé λ et μ , il faut en considérer un troisième ν , et que ces trois coefficients sont liés par une relation simple au coefficient de dilatation thermique linéaire.

M. Roy applique les résultats obtenus aux plaques homogènes et aux tiges droites. Il calcule pour chacun de ces corps les formules donnant la vitesse de propagation des ondes sonores en fonction des trois coefficients cités plus haut et de la capacité calorifique de la substance qui constitue le corps.

Dans un dernier Chapitre, M. Roy étudie le mouvement longitudinal d'une tige qui se refroidit, et montre que celui-ci est la superposition d'un mouvement progressif de contraction et d'un mouvement vibratoire.

Quand une tige est mise en vibration mécaniquement, l'expression de la température en chaque point contient un terme périodique de très faible amplitude.

Nous ne pouvons, pour terminer, qu'adresser nos félicitations à M. Roy pour l'important travail de Physique mathématique qu'il vient de présenter.

La soude électrolytique : Théorie, Laboratoire, Industrie,
par M. A. BROCHET, Docteur ès sciences. Bernard Tignol, éditeur, Paris, 1910.

L'électrolyse des chlorures alcalins présente un intérêt industriel considérable, mais la mise au point des procédés, si simples en théorie, a présenté les plus grandes difficultés. Ce n'est que récemment que l'on est arrivé à les surmonter complètement et à obtenir des alcalis caustiques dont le prix de revient puisse lutter avec les produits fabriqués par les anciens procédés de Leblanc et de Solvay.

La littérature relative à la soude électrolytique était, jusqu'ici, fort restreinte, et l'Ouvrage de M. A. Brochet est le premier traitant de la question dans tout son ensemble. Cet Ouvrage comprend 17 Chapitres.

L'étude de l'anode et des diaphragmes fait ressortir l'origine des difficultés rencontrées. On n'a pu arriver à de bons résultats qu'avec des anodes et des diaphragmes spéciaux.

L'analyse des avantages et inconvénients des diverses méthodes constitue tout un enseignement du plus haut intérêt pour les chercheurs.

Enfin, après avoir montré l'état actuel de l'industrie des alcalis électrolytiques, l'Auteur fait toucher du doigt les causes du peu de succès de cette industrie, en France. Le principal débouché de ces produits est dans la fabrication des matières colorantes; or cette fabrication est localisée presque exclusivement en Allemagne. Quarante-deux tableaux, de nombreux documents théoriques et pratiques, terminent l'Ouvrage fort intéressant et parfaitement documenté de M. Brochet.

Production électrique de l'ozone et applications à l'industrie, l'hygiène, la thérapeutique, par E. DOUZAL, Ingénieur de la Société l'Oxyélectrique. Ch. Béranger, éditeur, Paris, 1909.

L'Ozone, agent par excellence de stérélisation, a été longtemps un produit qu'on ne pouvait obtenir qu'en petite quantité et à un prix de revient élevé, à cause du mauvais rendement des procédés employés autrefois.

Les méthodes modernes, fondées sur une connaissance approfondie des phénomènes complexes accompagnant la production de l'Ozone, permettent d'arriver à des rendements satisfaisants. Il faut des électrodes de petites dimensions, tout en obtenant une grande surface électrisante. L'échauffement, les poussières, l'humidité doivent être soigneusement évités. Les ozoneurs de l'Auteur répondent à ces multiples conditions.

Les applications de l'ozone sont fort nombreuses : vieillissement des alcools, vinai-gerie, brasserie, cidrerie, sucrerie, blanchiment, amidonnerie, parfumerie, matières colorantes, etc.

Quant aux applications de l'ozone à la stérilisation des eaux usées, par exemple, elles sont aussi nombreuses qu'importantes et sont en usage dans plusieurs grandes villes. Signalons l'ozoneur domestique, étudié pour les petits ménages par M. Douzal et appelé *spirophote*. Il fonctionne sur le courant des secteurs et fournit 70 litres d'eau stérélisée à l'heure avec une dépense de 11 watts-heure seulement.

Parmi les applications thérapeutiques, l'Auteur signale l'emploi efficace de l'ozone

en inhalations pour la guérison de la tuberculose, de la coqueluche, de l'anémie et pour les pansements en général.

Les compteurs électriques à courants continus et alternatifs, par L. BARBILLION, Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble. Gauthier-Villars, éditeur, Paris, 1910.

Ce petit Volume, des actualités scientifiques, qui résume les leçons professées sur les compteurs, à l'Institut électrotechnique de Grenoble, par M. Barbillion, secondé par M. Ferroux, chargé de conférences à cet institut, a été écrit à la demande de M. Gauthier-Villars qui déplorait, avec juste raison, l'absence de tout Ouvrage relatif à la description et aux essais des compteurs électriques modernes.

Ce petit Volume rendra de réels services à ceux qui s'occupent de la vérification et des essais de compteurs électriques.

En dehors des compteurs ordinaires pour courants continus et alternatifs, le lecteur trouvera de précieux renseignements sur les transformateurs de mesure pour compteurs et sur les appareils spéciaux tels que les compteurs à dépassement, à double tarif, à prépayement, etc.

En appendice, l'Auteur donne le programme des essais auxquels sont soumis les compteurs destinés à être installés sur le réseau de Grenoble, et celui des essais et étalonnages subis par les compteurs étudiés par l'Institut électrotechnique, au point de vue général.

Cours de Physique, conforme aux programmes des certificats et de l'agrégation de Physique, par H. BOUASSE, Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse. 6 volumes. Ch. Delagrave, éditeur, Paris.

Ce Cours de Physique supérieure, écrit spécialement pour les candidats à l'agrégation de physique, n'est pas un Traité de Physique, à proprement parler. L'Auteur n'y a développé, en effet, que les questions particulièrement difficiles et ardues qui ne peuvent trouver place dans un Traité général, mais qu'il professe avec la haute compétence que l'on sait dans ce cours de perfectionnement.

Les six gros Volumes du cours d'agrégation ont respectivement pour objet :

- I. La mécanique physique;
- II. La thermodynamique et la théorie des ions;
- III. L'électricité et le magnétisme;
- IV. L'optique et l'étude des instruments;
- V. L'électro-optique et les ondes hertziennes;
- VI. L'étude des symétries.

Au point de vue qui nous intéresse plus particulièrement ici, nous devons citer : l'étude des diélectriques et de l'action mécanique entre deux systèmes électrisés, cette action étant considérée comme résultant de la déformation du milieu; l'étude des diverses espèces de rayons électrisés; les explications par les ions et par les électrons de divers phénomènes; l'examen du mode de propagation des ondes hertziennes, des ondes stationnaires, la télégraphie et la téléphonie sans fil, etc.

L'Auteur présente un très grand nombre de solutions originales des problèmes que l'on rencontre en Physique.

L'avant-propos lui-même est tout un enseignement ou plutôt un procès contre l'enseignement de la Physique tel que les programmes surannés le comprennent.

Il faut avoir l'autorité de l'Auteur pour parler comme il le fait, et on doit lui en conserver une grande reconnaissance. Combien il a raison quand il nous dit que « pour le français, un symbole mathématique est une *définition*, tandis que pour un anglais et même pour un allemand c'est un *opérateur* ». Cette courte citation montre de suite au lecteur le résultat que l'Auteur veut atteindre par son enseignement. L'expérience d'abord, le calcul ensuite, mais avec tout le discernement que nécessite l'emploi judicieux de cet instrument, qui n'est merveilleux, en Physique, que lorsqu'il est parfaitement manié.

La Télégraphie sans fil, la Télémécanique et la Téléphonie sans fil à la portée de tout le monde, par E. MONIER. (5^e édition.) 1 vol. Paris, Dunod et Pinat; 1910.

Il convient de signaler l'apparition de la cinquième édition de cet Ouvrage que l'auteur a mis au courant des plus récents perfectionnements apportés aux dispositifs de la Télégraphie, de la Téléphonie et de la Télémécanique sans fil de connexion.

Cette revision et les additions qu'elle comportait ont été faites, d'ailleurs, avec la simplicité d'exposition et la précision de style qui, selon son titre même, mettent l'intéressant travail de M. E. Monier « à la portée de tout le monde ».

Pratique de l'installation électrique à courant fort dans l'habitation, par Richard BERGER. 1 vol. Paris, H. Dunod et E. Pinat; 1910.

Les Ouvrages publiés jusqu'à présent sur les applications de l'électricité à la maison ne traitaient pas dans tous ses détails la question de l'installation moderne et, en particulier, celle du petit appareillage; d'autre part, les règlements sur la matière renferment des lacunes, des contradictions et, parfois, des conditions impossibles à remplir.

A ce double point de vue, le travail de M. Richard Berger sera certainement bien accueilli : d'un côté, en effet, il contribuera efficacement à donner aux installateurs électriciens une base d'appréciation plus rationnelle et, de l'autre, fournira aux personnes désireuses d'établir en leur demeure une distribution électrique, tous les renseignements utiles sur la disposition à adopter suivant le cas, sur les avantages comparés des divers appareils, sur les prix, etc.

Cette étude très documentée fait également ressortir les différences existant dans le matériel et les installations électriques présentées au public sous des prix souvent fort différents, de même que les inconvénients et les dangers résultant des installations intérieures mal établies ou établies avec du matériel défectueux.

M. R. Berger a divisé son Ouvrage en cinq Parties.

La première examine succinctement la disposition et le calcul du circuit en tenant

compte des différents genres de réseaux existants. La deuxième est réservée à l'examen des principaux modes de canalisation. L'étude du petit appareillage fait l'objet de la troisième Partie qui comprend une série de Chapitres où l'on s'est efforcé, avec quelque succès, de créer des classements. La quatrième est affectée aux lampes à arc et complétée par un tableau relatif aux rendements lumineux des foyers. Enfin, la dernière Partie traite de l'installation des petits appareils de force motrice et de chauffage, en insistant sur les quelques particularités qui caractérisent ce genre d'appareils.

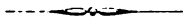
Albums de plans de pose, par H. DE GRAFFIGNY. 2 vol. (*Bibliothèque des Actualités industrielles.*) Paris, Bernard Tignol.

Le premier de ces albums est consacré aux *Installations téléphoniques*; il contient 37 schémas répondant à la plupart des cas de la pratique courante, en allant des montages simples aux plus compliqués, et chacun de ces schémas est accompagné d'une Notice qui en donne l'explication détaillée.

Très clairement conçus, ces plans pourront aider dans une grande mesure les appareilleurs et électriciens chargés de la mise en place et du montage des divers systèmes d'appareils téléphoniques.

Dans le deuxième album affecté à l'*Éclairage électrique*, l'auteur indique la manière dont les fils doivent être disposés lorsqu'il s'agit d'alimenter de courant une ou plusieurs lampes à incandescence ou à arc, ainsi que les conditions de montage des lampes destinées à un service intermittent, aux allumeurs-extincteurs, etc.

Une série de plans, avec Notices, est consacrée à l'emploi des accumulateurs; d'autres se rapportent à l'installation des lampes, à l'intérieur et au dehors, à l'usage des courants alternatifs et polyphasés, ainsi qu'à la distribution des courants par feeders et transformateurs en dérivation.



LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

**La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société, tous les jours
de 3 heures à 6 heures, excepté les dimanches et jours de fêtes,
12, rue de Staël.**

France.

- Accidents (Les) causés par les conducteurs d'énergie électrique*, par J. CARVALLO (Publication de la Bibliothèque, Office et Musée de l'Enseignement public). Melun, Imp. administrative, 1910; 1 brochure in-8°. (*Don de l'auteur.*)
- Action (L') électrique du Soleil, son rôle dans les phénomènes cosmiques et terrestres*, par A. NODON. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-16, broché (*Actualités scientifiques*). (*Don de l'éditeur.*)
- Encyclopédie électrotechnique*: 2^e, 3^e, 4^e et 35^e fascicules, par E. VIGNERON et L. BARBILLION. Paris, L. Geisler, 1909-1910; 4 vol. in-8°, brochés. (*Don de l'éditeur.*)
- Électrotechnique appliquée. Machines électriques. (Théorie, essais et constructions.)* Cours professé à l'Institut électrotechnique de Nancy, par A. MAUDUIT. Avec une préface de M. Blondel. Paris, Dunod et Pinat, 1910; 1 vol. in-8°, broché. (*Don des éditeurs.*)
- Notions générales sur la Télégraphie sans fil et la Téléphonie sans fil*, par R. DE VALBREUZE. 4^e édition, entièrement remaniée, complétée et mise à jour. Paris, La Lumière électrique, 1910; 1 vol. in-8° raisin, broché. (*Don de l'éditeur.*)
- Pratique de l'installation électrique à courant fort dans l'habitation*, par Richard BERGER. Paris, Dunod et Pinat, 1910; 1 vol. in-8°, cartonné. (*Don des éditeurs.*)
- Recherches sur l'ionisation produite par les rayons X*, par Marcel MOULIN. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-8°, broché (*Thèse de doctorat ès sciences physiques*). (*Don de l'auteur.*)

Répertoire des industries gaz et électricité : édition 1910, par Maurice GERMAIN. Paris, chez l'auteur, 7, rue Geoffroy-Marie, 1910) 1 vol. in-16, cartonné toile. (*Don de l'auteur.*)

Télégraphie (La) sans fil, la Télémécanique et la Téléphonie sans fil à la portée de tout le monde, par E. MONIER. 5^e édition, revue et augmentée. Paris, Dunod et Pinat, 1910; 1 vol. in-16, broché. (*Don des éditeurs.*)

Étranger.

Sur la radiazione di un' antenna inclinata. Nota del Corrisp Antonio GARBASSO. Roma, Tipogr. della R. Accademia dei Lincei, 1910; 1 brochure grand in-8°. (*Don de l'auteur.*)



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

TRAVAUX DU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

**ESSAIS DE CABLES POUR CANALISATIONS ÉLECTRIQUES EFFECTUÉS
AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.**

Par M. CH. DAVID.

« *Introduction.* — Les essais résumés dans le présent Mémoire ont été entrepris, par le Laboratoire central d'Électricité, sur la demande de M. le Ministre de la Marine.

» Leur but était de fournir des documents pour l'étude des conditions d'emploi, de réception et de pose des câbles pour canalisations électriques placés à bord des navires de guerre.

» Les expériences ont porté sur les points suivants :

» 1^o Effets de détérioration produits par la courbure des câbles sur des cylindres de différents diamètres ;

» 2^o Recherches sur l'action de la chaleur sur l'isolant ;

» 3^o Échauffement des câbles sous l'influence du passage du courant.

» *Spécification et description des câbles.* — Les câbles utilisés pour les essais ont été fournis au Laboratoire, en novembre 1906, par la Société industrielle des Téléphones, conformément à un acte additionnel au marché souscrit par cette Société le 2 juin 1906, pour la fourniture au port de Lorient de câbles divers pour canalisations

électriques destinés au *Jules-Michelet* et aux travaux du *Waldeck-Rousseau*.

» L'acte additionnel en question renfermait les renseignements suivants concernant les câbles à livrer au Laboratoire :

Nombre de torons.	de fils par toron.	Diamètre approxi- matif des fils en dix. de mill.	Section du câble en mill. carrés.	Diamètre approxi- matif du câble en millim.	Composition de l'armure.	Diamètre approxi- matif du câble terminé en millim.	Prix des 100 mètres en francs.
120	7	11	798,25	42,5	2 rubans de $\frac{3}{10}$ de millimètre en fer doux ou acier zingué	59,5	5580
109	7	10	599,26	36,0 (A)		53,0	4670
90	7	9	400,81	30,0 (A)		47,0	3300
56	7	9	249,39	22,5 (A)		37,5	2160
1	61	15	107,79	13,5	2 armures en fil d'acier doux ou fer zingué de $\frac{12}{10}$ de millimètre	26,0	1150
1	37	13	49,11	9,1		24,5	525
1	37	9	23,54	6,3		21,0	355
1	37	6	10,46	4,2		14,7	240
1	16	6	4,52	2,8	Gaine de plomb de 2 mm	12,0	108
1	6	5	1,18	1,5		10,5	86

(A) Les câbles marqués A ont le conducteur imprégné d'une matière spéciale.

» Tous ces câbles étaient à un seul conducteur et destinés à des canalisations pour courant continu.

» Les masses des matériaux constitutifs des câbles ont été mesurées au Laboratoire ; on a obtenu les résultats résumés ci-après :

MASSES DES MATÉRIEAUX CONSTITUTIFS DES CÂBLES 1; 5 ET 10.

Armure. en plomb.

Matériaux.	Masse des matériaux (gr : m).		
Sections des câbles (mm ²).....	1,18	4,53	10,8
Plomb.....	674	800	1341
2 rubans toile.....	8,9	9,9	13,7
Caoutchouc	37,7	49,5	111,8
Cuivre	11	44,2	103
Masse totale (gr : m)	731,6	903,6	1569,5

MASSES DES MATÉRIAUX CONSTITUTIFS DES CABLES 25 ET 50.

Armure en fils d'acier.

Matériaux.	Masse des matériaux (gr : m).			
Sections des câbles (mm ²).....	23,5		48	
Fils d'acier { 1 ^{re} couche.....	381	} 716,0	502	} 896,0
{ 2 ^e couche.....	335		394	
2 rubans toile imprégnée.....	12,8	} 53,9	15,3	} 66,2
Filin imprégné.....	25,3		29,6	
2 rubans caoutchoutés.....	15,8		21,3	
Caoutchouc.....	73		105	
Cuivre.....	219,5		443	
Masse totale (gr : m)...	1 062,4		1 510,2	

MASSES DES MATÉRIAUX CONSTITUTIFS DES CABLES 108, 250, 400, 600 ET 800.

Armure en fil d'acier.

Matériaux.	Masse des matériaux (gr : m).				
Sections des câbles (mm ²).....	108	247	395	588	840
Fer feuillard.....	424	554	741	843	925
Filin imprégné.....	64	101	104	96	105
2 rubans caoutchoutés.....	33	43	94	75	88
Caoutchouc.....	203	480	804	951	1 250
Cuivre.....	989	2 510	3 825	5 680	7 910
Masse totale (gr : m)...	1 713	3 688	5 568	7 645	10 278

» Nous donnons ci-après les principales conditions d'exécution indiquées au marché.

- » Les fils entrant dans la composition des câbles seront de la qualité dite *électrolytique*. Ils seront étamés au bain avec le plus grand soin. L'enveloppe isolante comportera :
 - » Une couche de caoutchouc naturel ;
 - » Deux couches de caoutchouc vulcanisé ;
 - » Deux rubans caoutchoutés ;
 - » Un enduit spécial.
- » Les câbles de 6,78 mm² et au-dessous seront armés d'une gaine de plomb de 2 mm d'épaisseur ; pour les câbles de 10,46 mm², l'épaisseur sera portée à 2,5 mm.
- » Les câbles de 14,92 mm² à 49,11 mm² inclus seront armés par

» un double enroulement en hélice constitué par des fils d'acier
» doux ou en fer zingué de 1,2 mm. .

» Un matelas de filin imprégné sera interposé entre le câble et
» l'armure; un ruban sera interposé entre les deux couches de
» l'armure; l'enroulement est en sens inverse dans les deux
» couches.

» Les câbles de 65,38 mm² et au-dessus sont protégés par un
» double enroulement en feuillard de fer ou d'acier doux zingué
» sur les deux faces de 0,4 mm d'épaisseur. Les deux couches
» auront leur pas dans le même sens et se feront mutuellement
» couvre-joints.

» La largeur des feuillards est donnée ci-dessous :

Câbles de	
65,38 et 86,48.....	20 mm
107,79 et 143,64.....	25 —
195,50 et 249,30	30 —
298,38 et 400,81	35 —
498,78 et au-dessus	40 —

» Un matelas de filin sera interposé entre le câble et son armure. »

» Les essais de réception de ces câbles avaient été faits dans les
ateliers du fabricant par le personnel du Service de Surveillance de
la Marine.

» Nous rappelons ci-après, à titre documentaire, les *conditions de
recette* spécifiées au marché.

» On procédera sur les câbles armés aux essais ci-après :

» *a. Épreuve de rigidité diélectrique.* — Tous les câbles de la
» fourniture seront éprouvés sous 2000 volts alternatifs efficaces
» aux fréquences usuelles de 25 à 50.

» La tension sera appliquée progressivement; la pleine tension
» de 2000 volts, mesurée directement à l'aide d'un électromètre
» au secondaire du transformateur, sera appliquée pendant 5 mi-
» nutes pour l'ensemble de la fourniture et pendant 15 minutes
» pour un câble pris au hasard dans la fourniture.

» *b. Épreuve d'isolement.* — L'isolement sera mesuré sous
» 200 volts, sur des câbles immergés depuis 24 heures dans de
» l'eau à 15° C.

« Il devra atteindre pour les diverses sections les valeurs suivantes :

Sections.	Isolément kilométrique.
24 mm ² et au-dessous	3 000 mégohms
30 — à 200 mm ² inclus.....	2 800 —
200 — à 800 mm ² —	2 400 —
800 — et au-dessus	2 000 —

» Si la température de l'eau n'est pas exactement de 15° C., on multipliera le chiffre d'isolement mesuré par le coefficient $1 + 0,08(t - 15)$.

» La température t de l'eau ne devra pas toutefois dépasser 24° C.

» *c. Conductibilité.* — On vérifiera que la résistivité à 15° C., calculée d'après la section du câble inscrite au marché, n'est pas supérieure à :

» 1,8 microhm-centimètre pour les câbles composés de fils de $\frac{1}{10}$ et au-dessus ;

» 1,9 microhm-centimètre pour les câbles composés de fils de $\frac{7}{10}$ à $\frac{9}{10}$;

» 2 microhms-centimètre pour les câbles composés de fils de $\frac{3}{10}$ à $\frac{6}{10}$.

» *d. Essai de pliage.* — Un échantillon de la fourniture sera plié deux fois dans un sens et deux fois dans l'autre sur un mandrin cylindrique en bois, de façon à prendre la forme d'un demi-cercle prolongé par deux parties droites. Le câble essayé sera complètement terminé et muni de son armure. Le diamètre du mandrin sera égal à dix fois celui du câble terminé.

» Le câble sera, après pliage, immergé dans l'eau à la température ambiante pendant 24 heures et soumis ensuite à un essai de rigidité diélectrique sous 1000 volts alternatifs, dans les conditions indiquées plus haut.

» *e. Essais d'échauffement.* — Un échantillon de la fourniture sera porté à l'étuve à 90° C. pendant 8 heures, 3 jours consécutifs, puis immergé dans l'eau à la température ambiante pendant 24 heures ; il sera soumis à une épreuve de rigidité diélectrique sous 1000 volts alternatifs dans les conditions indiquées plus haut. »

NOTATIONS EMPLOYÉES PAR LE LABORATOIRE POUR DÉSIGNER
LES ÉCHANTILLONS.

» Chaque câble a été désigné par un numéro correspondant à la section arrondie du conducteur du câble considéré.

» Les sections arrondies des câbles sont : 1; 5; 10; 25; 50; 108; 250; 400; 600 et 800.

DESCRIPTION DES CÂBLES.

» Sur chaque câble, on a prélevé quelques échantillons dont on a examiné et mesuré les éléments constitutifs.

» L'examen et les mesures ont porté sur les points suivants :

ARMURE.

Bandes de fer feuillard.

Diamètre extérieur;		Largeur des bandes;
Épaisseur des bandes;		Pas d'enroulement.

Fils d'acier.

Diamètre extérieur sur chaque couche;		Diamètre des fils;
Nombre de fils sur chaque couche;		Pas d'enroulement.

Tube en plomb.

Diamètre extérieur;		Épaisseur.
---------------------	--	------------

MATELAS PROTECTEUR.

Nature;		Épaisseur approximative.
---------	--	--------------------------

ISOLANT.

Diamètre extérieur sur la couche isolante;		Épaisseur des différentes couches.
--	--	------------------------------------

CONDUCTEUR.

Diamètre extérieur;		Diamètre des fils;
Nombre de torons;		Section.
Nombre de fils par toron;		

» *Observations.* — Pour chaque dimension, on a fait en général

10 à 20 mesures et jusqu'à 100 mesures pour les diamètres des fils des conducteurs, ces fils étant pris dans des torons différents.

» Pour les diamètres extérieurs des différentes couches, on a pris les moyennes des mesures faites dans deux directions, l'une parallèle, l'autre perpendiculaire à l'axe d'enroulement du câble sur le touret, cet enroulement déformant assez sensiblement la section droite du câble.

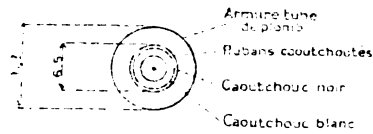
» Les épaisseurs des couches de filin formant matelas protecteur ne peuvent être mesurées qu'avec une approximation assez grossière, par suite du foisonnement et de l'élasticité de la matière.

» Il en est de même pour les couches des isolants, qui sont adhérentes entre elles, et dont on a mesuré approximativement les épaisseurs, suivant le rayon d'une section droite.

» La section du conducteur de chaque câble a été calculée en multipliant la section d'un fil, déduite du diamètre moyen, par le nombre de fils du câble considéré.

» Les résultats des mesures sont résumés dans les Tableaux ci-après.

CABLE 1.



ARMURE.

Tube de plomb.....	{	Diamètre extérieur....	11,3 mm
	}	Épaisseur.....	environ 2,5

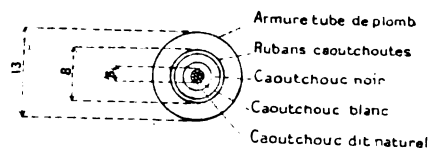
ISOLANT.

2 rubans caoutchoutés.....		Diamètre.....	environ 6,5
1 couche caoutchouc vulcanisé noir.....	{	Diamètre.....	6,0
		Épaisseur.....	environ 0,8
1 couche caoutchouc vulcanisé blanc.....		Épaisseur.....	environ 1,2
1 couche caoutchouc dit naturel.....		Épaisseur.....	environ 0,4

CONDUCTEUR.

	{	Diamètre.....	environ 1,5 mm
		Nombre de torons.....	1
Fils de cuivre étamés toronnés.....		Nombre de fils.....	6
		Diamètre moyen des fils.....	0,5 mm
		Section totale.....	1,18 mm ²

CABLE 5.



ARMURE.

Tube de plomb.....	{ Diamètre extérieur.....	13,0 mm
	{ Épaisseur.....	2,5

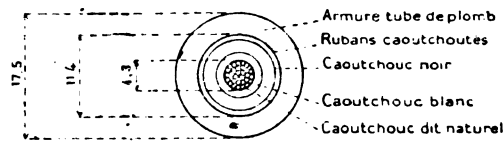
ISOLANT.

2 rubans caoutchoutés.....	Diamètre.....	8,0
1 couche caoutchouc vulcanisé noir.....	{ Diamètre.. environ	7,0
	{ Épaisseur.. environ	1,0
1 couche caoutchouc vulcanisé blanc.....	Épaisseur.. environ	1,0
1 couche caoutchouc dit naturel.....	Épaisseur.....	0,2 mm à 0,5 mm

CONDUCTEUR.

	{ Diamètre.. environ	3,0 mm
	{ Nombre de torons.....	1
Fils de cuivre étamés toronnés.....	{ Nombre de fils.....	16
	{ Diamètre moyen des	
	{ fils.....	0,60 mm
	{ Section totale.....	4,53 mm²

CABLE 10.



ARMURE.

Tube de plomb.....	{ Diamètre extérieur.....	17,5 mm
	{ Épaisseur.....	2,8

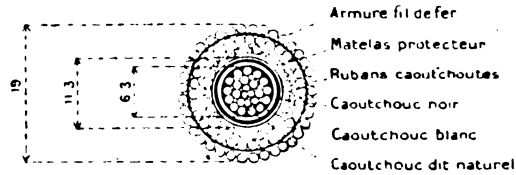
ISOLANT.

2 rubans caoutchoutés.....		
1 couche caoutchouc vulcanisé noir.....	{ Diamètre.....	11,7
	{ Épaisseur..... environ	1,6
1 couche caoutchouc vulcanisé blanc.....	Épaisseur..... environ	1,0
1 couche caoutchouc dit naturel.....	Épaisseur..... environ	0,3

CONDUCTEUR.

Fils de cuivre étamés toronnés.....	{ Diamètre.....	4,3
	{ Nombre de torons.....	1 (âme + 3 couches)
	{ Nombre de fils.....	37
	{ Diamètre moyen des fils.....	0,61 mm
	{ Section totale.....	10,8 mm ²

CABLE 25.



ARMURE.

2 couches fil de fer zingué séparées par un ruban imprégné.....	Diamètre sur 1 ^{re} couche..	19,0 mm
	Nombre de fils (1 ^{re} couche).	4 ²
	Diamètre sur 2 ^e couche...	16,0 mm
	Nombre de fils (2 ^e couche).	3 ⁷
Matelas protecteur filin imprégné.....	Diamètre moyen des fils des 2 couches.....	1,2 mm
	Épaisseur	2,0 mm à 3,0 mm
	Pas d'enroulement (approximativement) 1 ^{re} couche.....	230,0 mm
	2 ^e couche.....	280,0

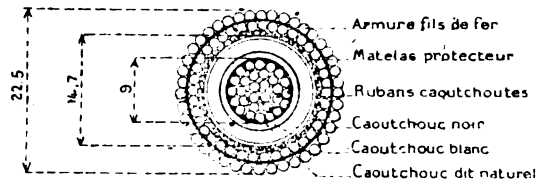
ISOLANT.

1 ruban caoutchouté noir.....	Diamètre	11,3 mm
1 ruban caoutchouté blanc.....		
1 couche caoutchouc vulcanisé noir.....	Diamètre.....	10,6
	Épaisseur... .. environ	0,3
1 couche caoutchouc vulcanisé blanc.....	Épaisseur..... environ	1,0
1 couche caoutchouc dit naturel.....	Épaisseur.....	0,3 mm à 0,7 mm

CONDUCTEUR.

Fils de cuivre étamés toronnés.....	Diamètre.....	6,3 mm
	Nombre de torons.....	1 (âme + 3 couches)
	Nombre de fils.....	3 ⁷
	Diamètre moyen des fils..	0,90 mm
	Section totale.....	23,5 mm ²

CABLE 50.



ARMURE.

2 couches fils de fer zingué séparées par un ruban imprégné.....	Diamètre sur 1 ^{re} couche..	22,5 mm
	Nombre de fils (1 ^{re} couche).	51
	Diamètre sur 2 ^e couche...	19,4 mm
	Nombre de fils (2 ^e couche).	43
	Diamètre moyen des fils des 2 couches.....	1,2 mm
Matelas protecteur filin imprégné.....	Épaisseur	2,0 mm à 3,0 mm
	Pas d'enroulement (approximativement) 1 ^{re} couche.....	250,0 mm
	2 ^e couche	220,0

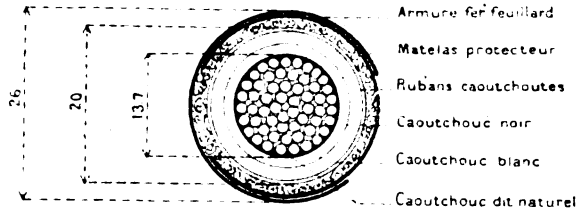
ISOLANT.

2 rubans caoutchoutés.....	Diamètre.....	14,7 mm
1 couche caoutchouc vulcanisé noir.....	Diamètre.....	14,2
	Épaisseur..... environ	1,5
1 couche caoutchouc vulcanisé blanc..	Épaisseur..... environ	1,0
2 couche caoutchouc dit naturel.....	Épaisseur.....	0,3 mm à 0,8 mm

CONDUCTEUR.

Fils de cuivre étamés toronnés.....	Diamètre.....	9,0 mm
	Nombre de torons.....	1 (âme + 3 couches).
	Nombre de fils.....	37
	Diamètre moyen des fils..	1,285 mm
	Section totale.....	48 mm ²

CABLE 108.



ARMURE.

2 bandes fer feuillard zingué.....	{	Diamètre extérieur.....	26,0 mm
		Épaisseur des bandes....	0,4
		Largeur des bandes.....	25,6
		Pas d'enroulement.....	35,0
Matelas protecteur filin imprégné.....		Épaisseur.....	3,0 mm à 5,0 mm
Enduit noir.			

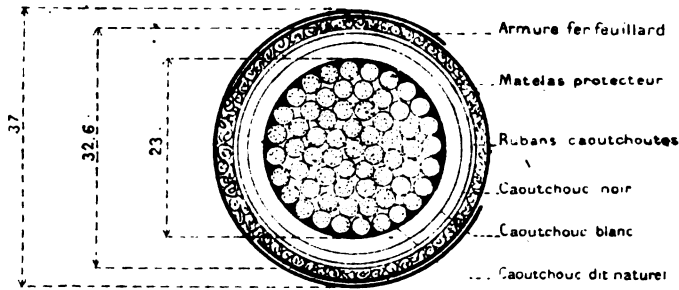
ISOLANT.

2 rubans blancs caoutchoutés.....	Diamètre.....	20,0 mm
1 couche caoutchouc vulcanisé noir.....	Diamètre.....	19,5
1 couche caoutchouc vulcanisé blanc.....	Épaisseur..... environ	1,5
1 couche caoutchouc dit naturel.....	Épaisseur..... environ	1,5
	Épaisseur.....	0,5 mm à 1,0 mm

CONDUCTEUR.

Fils de cuivre étamés toronnés.....	{	Diamètre.....	13,7 mm
		Nombre de torons.....	1 (âme à 4 couches).
		Nombre de fils.....	61
		Diamètre moyen des fils..	1,5 mm
		Section totale.....	108,0 mm ²

CABLE 250.



ARMURE.

2 bandes fer feuillard zingué.....	{	Diamètre extérieur.....	37,0 mm
		Épaisseur des bandes.....	0,4
		Largeur des bandes.....	31,0
		Pas d'enroulement.....	40,0
Matelas protecteur filin imprégné		Épaisseur	3,0 mm à 5,0 mm
Enduit noir.			

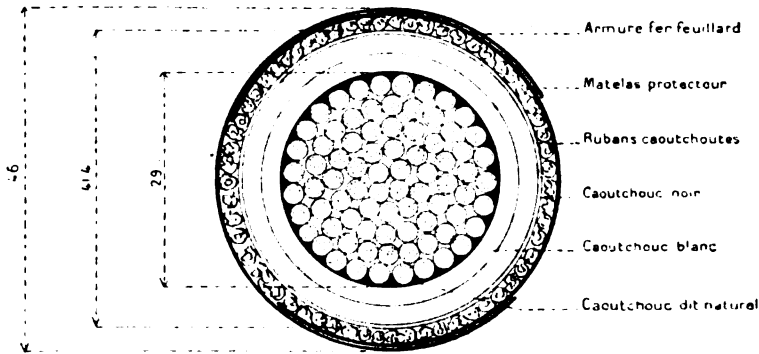
ISOLANT.

2 rubans blancs caoutchoutés.....	Diamètre.....	32,6 mm
1 couche caoutchouc vulcanisé noir.....	{ Diamètre.....	31,5
	{ Épaisseur.....	1,5
1 couche caoutchouc vulcanisé blanc.....	Épaisseur.....	2,5
1 couche caoutchouc dit naturel.....	Épaisseur.....	0,5 mm à 0,1 mm

CONDUCTEUR.

Fils de cuivre étamés toronnés avec interstices remplis d'une matière spéciale.....	{	Diamètre.....	23,0 mm
		Nombre de torons.....	56
		Nombre de fils par torons.	7
		Diamètre moyen des fils ..	0,896 mm
		Section totale.....	247,0 mm ²

CABLE 400.



ARMURE.

2 bandes fer feuillard zingué	{	Diamètre extérieur.....	46,0 mm
		Épaisseur des bandes.....	0,4
		Largeur des bandes.....	35,0
		Pas d'enroulement.....	50,0
Matelas protecteur filin imprégné.....		Épaisseur.....	3,0 mm à 5,0 mm
Enduit noir.			

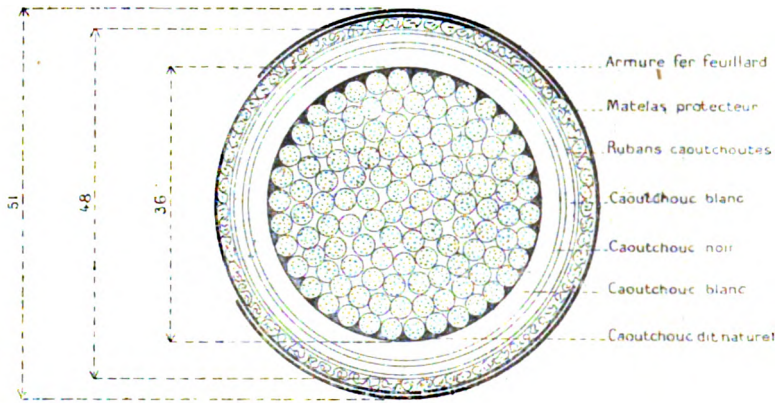
ISOLANT.

2 rubans blancs caoutchoutés.....	Diamètre.....	41,4 mm
1 couche caoutchouc vulcanisé noir.....	{ Diamètre.....	40,0
		Épaisseur.....
1 couche caoutchouc vulcanisé blanc.....	Épaisseur.....	2,8
1 couche caoutchouc dit naturel	Épaisseur.....	0,5 mm à 1,0 mm

CONDUCTEUR.

Fils de cuivre étamés toronnés avec interstices remplis d'une matière spéciale.....	{	Diamètre.....	29,0 mm
		Nombre de torons.....	90
		Nombre de fils par toron..	7
		Diamètre moyen des fils ..	0,894 mm
		Section totale.....	395,0 mm ²

CABLE 600.



ARMURE.

	Diamètre extérieur.....	51,0 mm
	Épaisseur des bandes....	0,4
2 bandes fer feuillard zingué.....	Largeur des bandes.....	40,0
	Pas d'enroulement.....	50,0
Matelas protecteur filin imprégné.....	Épaisseur	3,0 mm à 5,0 mm
Enduit noir.		

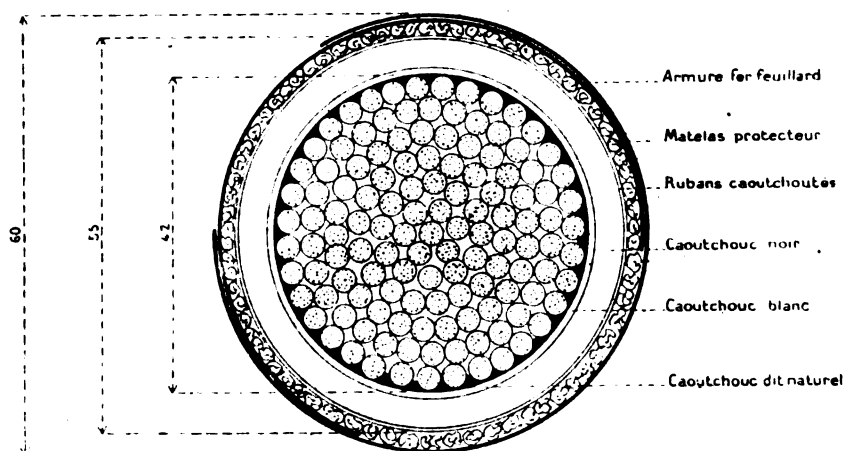
ISOLANT.

2 rubans blancs caoutchoutés.....	Diamètre	48,0 mm
	Diamètre	46,5
1 couche caoutchouc blanc.....	Épaisseur.....	1,0
1 couche caoutchouc noir.....	Épaisseur	1,0
1 couche caoutchouc blanc.....	Épaisseur	2,5
1 couche caoutchouc dit naturel.....	Épaisseur	0,5 mm à 1,0 mm

CONDUCTEUR.

	Diamètre	36,0 mm
	Nombre de torons.....	109
Fils de cuivre étamés toronnés avec interstices	Nombre de fils par toron.	7
remplis d'une matière spéciale.....	Diamètre moyen des fils.	0,99 mm
	Section totale.....	588 mm ²

CABLE 800.



ARMURE.

	Diamètre extérieur.....	60,0 mm
2 bandes fer feuillard zingué.....	Épaisseur des bandes.....	0,4
	Largeur des bandes.....	41,0
	Pas d'enroulement.....	50,0
Matelas protecteur filin imprégné.....	Épaisseur.....	3,0 mm à 5,0 mm
Enduit noir.		

ISOLANT.

2 rubans caoutchoutés blancs.....	Diamètre extérieur.....	55,0 mm
1 couche caoutchouc vulcanisé noir.....	Diamètre extérieur.....	53,7
	Épaisseur.....	4,0
1 couche caoutchouc vulcanisé blanc.....	Épaisseur.....	1,6
1 couche caoutchouc dit naturel.....	Épaisseur.....	1,0

CONDUCTEUR.

	Diamètre extérieur.....	42,0 mm
Fils de cuivre étamés toronnés.....	Nombre de torons.....	120
	Nombre de fils par toron.....	7
	Diamètre moyen des fils.....	1,125 mm
	Section totale.....	840,0 mm

CHAPITRE I.

ESSAIS DE PLIAGE.

» On a mesuré la tension alternative nécessaire pour percer l'isolant des câbles neufs avant et après pliage ou enroulement sur des cylindres de différents diamètres.

» La tension était appliquée entre le conducteur et l'armure de chaque câble.

» Pour la première série d'échantillons, qui comprenait des câbles non pliés, l'essai a été fait *à sec* ; pour les autres séries, la partie pliée du câble était placée dans de l'eau ordinaire. Les câbles ont séjourné dans l'eau, à la température de 10° C. à 12° C., pendant au moins 24 heures, et même, dans la plupart des cas, pendant 3 à 4 jours, avant d'appliquer la tension.

» Tous les échantillons d'une même série étaient essayés en parallèle et retirés successivement du circuit au fur et à mesure des percements.

» La longueur totale de chaque tronçon essayé était d'environ 1 m, l'armure était conservée sur 70 cm à 80 cm.

» La tension était élevée progressivement dans chaque cas, à raison d'environ 2000 volts efficaces par minute.

» Les transformateurs élévateurs de tension étaient alimentés par du courant fourni par le Secteur de la Rive gauche (fréquence, 42 environ).

» I. *Percement par la tension de câbles neufs, non pliés.* — On a mesuré, en premier lieu, les tensions nécessaires pour percer l'isolant de câbles neufs, n'ayant subi d'autres manipulations que celles exigées pour le tronçonnage et la préparation des extrémités.

» L'essai a porté sur 20 tronçons comprenant :

4	tronçons de câble.....	1
4	—	10
4	—	50
4	—	108
2	—	400
2	—	600

» Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau suivant

dans lequel on a indiqué la tension de percement de chaque tronçon et la valeur moyenne arrondie de ces tensions pour chaque catégorie de câbles.

Désignation du câble.	Tension de percement (volts efficaces)	
	de chaque échantillon.	moyenne.
1.....	4 800	6 300
	5 400	
	6 900	
	8 100	
10.....	15 500	16 000
	15 500	
	16 000	
	16 900	
50.....	19 800	29 900
	32 700	
	33 000	
	34 200	
108.....	16 900	21 100
	18 500	
	20 600	
	28 500	
400.....	33 000	33 700
	34 500	
600.....	34 000	34 500
	35 000	

» *Percement par la tension de câbles neufs courbés sur mandrins ayant une, deux ou trois fois le diamètre du câble.* — Les tronçons de câble ont été enroulés à la main sur des mandrins cylindriques ayant à peu près une, deux ou trois fois le diamètre du câble considéré.

» On faisait un demi-tour ou, au plus, un tour sur le mandrin en tirant fortement sur les extrémités du tronçon, de façon que le câble s'applique bien contre le mandrin ; lorsqu'on lâchait les extrémités, le câble se redressait légèrement et gardait, à peu près, la courbure du mandrin sur une demi-circonférence.

» Les essais ont été faits pour les câbles 1, 10, 50 et 108 ; pour les sections supérieures à 108 mm², la raideur des câbles est telle qu'on ne peut les courber à la main sur des mandrins ayant trois fois leur diamètre.

» On a donné quelques photographies de câbles pliés pour permettre de se rendre compte des déformations produites par le pliage.

» Les résultats obtenus sont consignés dans des Tableaux qui, en plus des tensions de percement de chaque échantillon et des tensions moyennes, renferment les diamètres des mandrins ayant servi à l'enroulement.

» Dans ces essais, plusieurs échantillons ont été percés dans des parties non courbées ; dans ce cas, on a fait précéder la valeur de la tension de percement du signe ($>$) (plus grand que) pour indiquer que le percement n'est pas provoqué par la détérioration dans la partie courbée ; on a fait précéder du même signe la tension correspondante moyenne.

» II. *Câbles courbés sur mandrins ayant un diamètre égal à trois fois le diamètre du câble.* — Les figures 1 et 2 sont les photographies de tronçons de câbles de 50 mm² et de 108 mm², courbés ainsi qu'il a été dit.

» Le câble 50 est armé avec des fils d'acier et le câble 108 avec des bandes de fer feuillard.

» Les armures de ces câbles sont très visiblement détériorées par l'enroulement. Les tubes en plomb des câbles de 1 mm² et 10 mm² enroulés sur trois fois leur diamètre ne présentent pas d'altération notable.

» L'essai de percement a porté sur 8 échantillons dont 2 de chacun des câbles 1, 10, 50 et 108 ; les résultats sont consignés dans le Tableau suivant :

Désignation du câble.	Diamètre d'enroulement en centimètres.	Tension de percement (volts efficaces)		Observations.
		de chaque échantillon.	moyenne.	
1	3,4	5 000	7 500	
		10 000		
10	5,2	15 000	$(>)$ 18 500	Percé au ras de l'armure.
		$(>)$ 22 000		
50	6,7	29 000	$(>)$ 30 000	Percé au ras de l'armure.
		$(>)$ 31 000		
108	7,8	$(>)$ 6 000	$(>)$ 10 500	Percé au ras de l'armure.
		$(>)$ 15 000		<i>Idem.</i>

» III. *Percement par la tension de câbles enroulés sur mandrins ayant deux fois le diamètre du câble.* — Les figures 3 et 4 sont les photographies de tronçons de câbles de 50 mm² et 108 mm² après courbure.

» L'essai de perçement a porté sur 12 tronçons dont 3 de chacun des câbles 1, 10, 50 et 108.

» Les résultats sont consignés dans le Tableau suivant :

Designation du câble.	Diamètre d'enroulement en centimètres.	Tension de perçement (volts efficaces)		Observations.
		de chaque échantillon.	moyenne.	
1	2,3	4 400	5 300	
		4 760		
		6 760		
10	3,5	(>) 15 000	(>) 16 600	Percé au ras du tube en plomb.
		(>) 15 000		Idem.
		20 000		
50	4,5	(>) 31 000	(>) 31 700	Percé au ras de l'armure.
		(>) 32 000		Idem.
		(>) 32 000		Idem.
108	5,2	(>) 15 000	(>) 20 000	Percé au ras de l'armure.
		(>) 22 500		Idem.
		(>) 22 500		Idem.

» IV. *Percement par la tension de câbles enroulés sur mandrins ayant un diamètre égal à celui du câble.* — Les échantillons de cette série d'essais ont été courbés en prenant comme mandrin un morceau de câble semblable à celui du tronçon à courber.

» Les efforts à exercer pour produire le pliage deviennent notables et, pour certains tronçons des câbles 50 et 108 on a employé des pinces et même l'étau.

» Les figures 5, 6 et 7 sont les photographies de câbles de 50 mm² et 108 mm² après courbure.

» On a fait deux séries d'essais comprenant chacune deux tronçons des câbles 1, 10, 50 et 108.

» Les résultats sont consignés dans le Tableau suivant :

Désignation du câble.	Diamètre d'enroulement en centimètres.	Tension de percement (volts efficaces)		Observations.
		de chaque échantillon.	moyenne.	
1	1,13	7400	7420	
		8500		
		6400		
		7400		
10	1,75	20000	(>) 17100	Percé au ras du tube de plomb.
		22500		
		3100		
		(>) 23000		
50	2,25	(>) 30000	(>) 31000	Percé au ras de l'armure.
		34000		Idem.
		(>) 30000		Idem.
		(>) 30000		
108	2,6	(>) 3400	(>) 7100	Percé au ras de l'armure.
		(>) 18000		Idem.
		3200		
		3800		

» V. *Percement par la tension de câbles pliés sur eux-mêmes.* — Les échantillons ont été pliés à l'étau jusqu'à amener en contact les deux branches du tronçon.

» Les figures 8, 9 et 10 sont les photographies de câbles de 10, 50 et 108 mm² après pliage.

» Pour le câble de 10 mm², on a pu faire une coupe (*fig. 8*) qui montre que le conducteur est resté sensiblement au milieu de l'isolant. Il y a déformation sensible du tube de plomb, mais il n'a pas été constaté de déchirure de ce tube.

» On a fait deux séries d'essais sur des câbles de 1, 10, 50 et 108 mm² pliés sur eux-mêmes; la première série comprenait 7 tronçons et la deuxième 9 tronçons.

» Les résultats sont indiqués dans le Tableau suivant :

Désignation du câble.	Tension de percement (volts efficaces)		Observations.
	de chaque échantillon.	moyenne.	
1	5780 6600 7050 7670 7800	6980	
10	19000 19000 15000 17000 19000	17800	
50	24000 23000 24000	23600	
108	12500 (>) 20000 (>) 21000	(>) 17800	Percés en dehors de la partie pliée.

» Les essais de percement pour les 68 échantillons de câbles neufs, courbés ou non, ont été résumés dans le Tableau suivant, dans lequel on a indiqué les valeurs de tensions moyennes de percement dans les différents cas :

Diamètre du mandrin en fonction de celui du câble.	Tensions moyennes de percement (volts efficaces).			
	Désignation des câbles.			
	1.	10.	50.	108.
Infini.	6300	16000	29000	21000
3d.	7500	(>) 18500	(>) 30000	(>) 10500
2d.	5300	(>) 16600	(>) 31700	(>) 20000
1d.	7420	(>) 17100	(>) 31000	(>) 7100
0d.	6980	17800	23600	(>) 17800

» D'autres essais de percement par la tension ont été faits sur des tronçons de câbles qui avaient été maintenus pendant un certain temps à une température de 100° C. Les résultats de ces essais sont donnés plus loin.

CHAPITRE II.

ACTION DE LA TEMPÉRATURE SUR L'ISOLANT.

» On a cherché à se rendre compte de l'action de la température sur l'isolant au moyen de deux genres d'essais sur des câbles neufs ayant séjourné dans une étuve chauffée : 1° essais de percement par la tension ; 2° mesures de résistances d'isolement

» L'étuve dans laquelle ont été placés les échantillons était une étuve cylindrique en fer de 70 cm de diamètre, chauffée électriquement.

» 1. *Essais de percement par la tension.* — Les essais ont porté sur des échantillons de câbles non pliés et des échantillons de câbles pliés sur eux-mêmes.

» a. *Câbles non pliés.* — Cette série d'essais comprenait 14 échantillons, dont :

- » 5 tronçons de câble de 1 mm² ;
- » 5 tronçons de câble de 10 mm² ;
- » 2 tronçons de câble de 50 mm² ;
- » 2 tronçons de câble de 108 mm².

» Ces tronçons avaient 70 cm à 1 m de longueur.

» Ils ont été placés dans l'étuve et maintenus pendant une semaine (170 heures) à une température d'environ 100° C.

» Après refroidissement lent, ils ont été soumis à une tension alternative appliquée entre le conducteur et l'armure.

» Les échantillons étaient montés en parallèle et retirés successivement du circuit au fur et à mesure des percements.

» La tension était augmentée progressivement à raison d'environ 2000 volts par minute, et maintenue pendant un certain temps à certaines valeurs.

» Les transformateurs élévateurs de tension étaient alimentés par du courant fourni par le Secteur de la Rive gauche (fréquence, 42 environ).

» Les résultats des essais sont consignés dans le Tableau suivant :

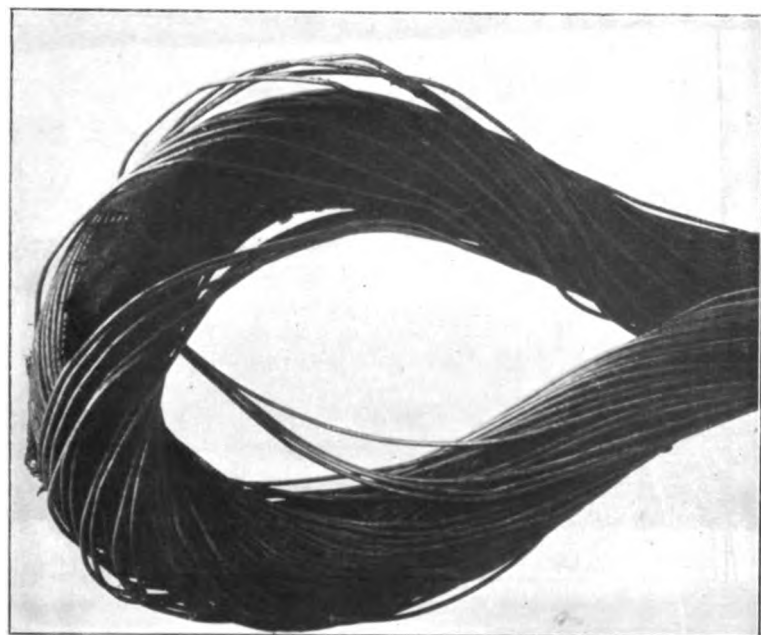


Fig. 1. — Câble de 50 mm² courbé sur un mandrin ayant un diamètre égal à trois fois le diamètre du câble.

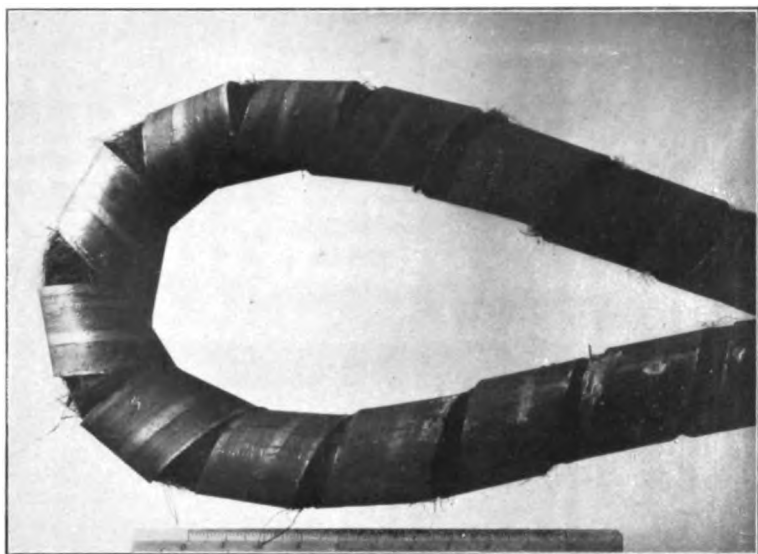


Fig. 2. -- Câble de 108 mm² courbé sur un mandrin ayant un diamètre égal à trois fois le diamètre du câble.

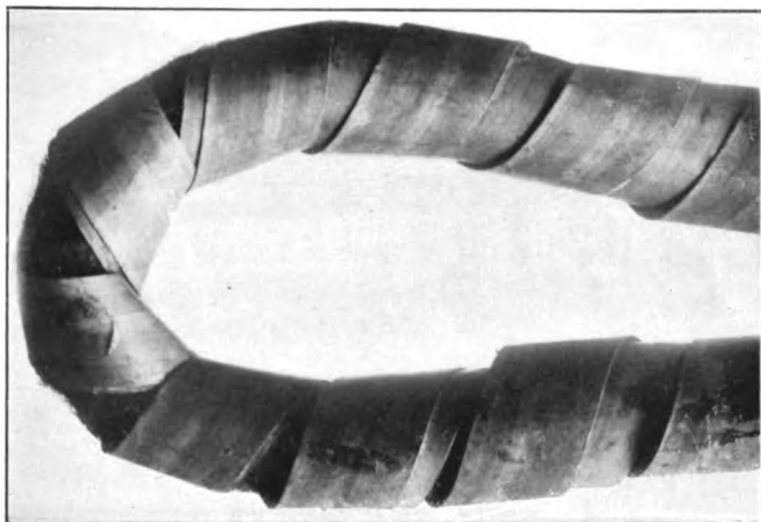


Fig. 1. — Câble de 108 mm^2 courbé sur un mandrin ayant un diamètre égal à deux fois le diamètre du câble.

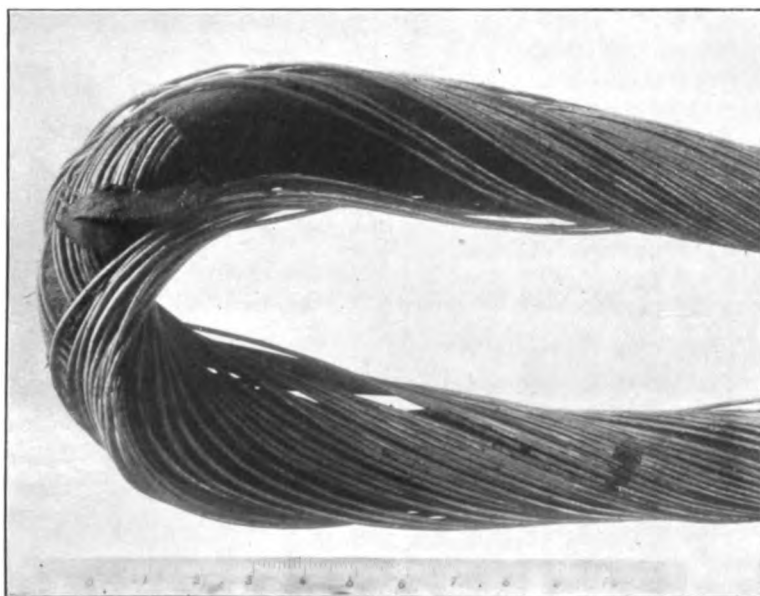


Fig. 3. — Câble de 50 mm^2 courbé sur un mandrin ayant un diamètre égal à deux fois le diamètre du câble.

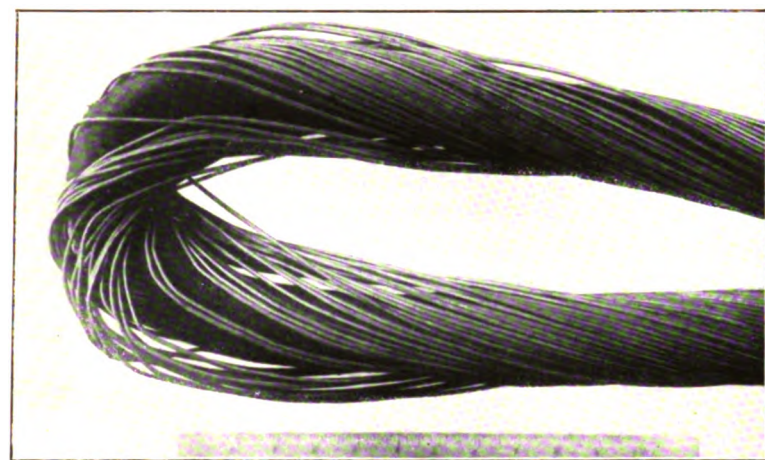


Fig. 6. — Câble de 50 mm^2 courbé sur un mandrin ayant un diamètre égal au diamètre du câble.



Fig. 5. — Câble de 50 mm^2 courbe sur un mandrin ayant un diamètre égal au diamètre du câble.

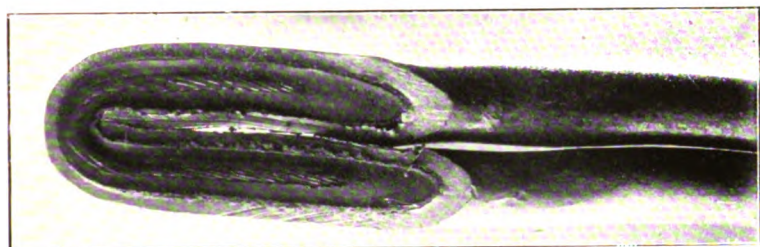


Fig. 8. — Coupe d'un câble de 10 mm^2 plié sur lui-même.

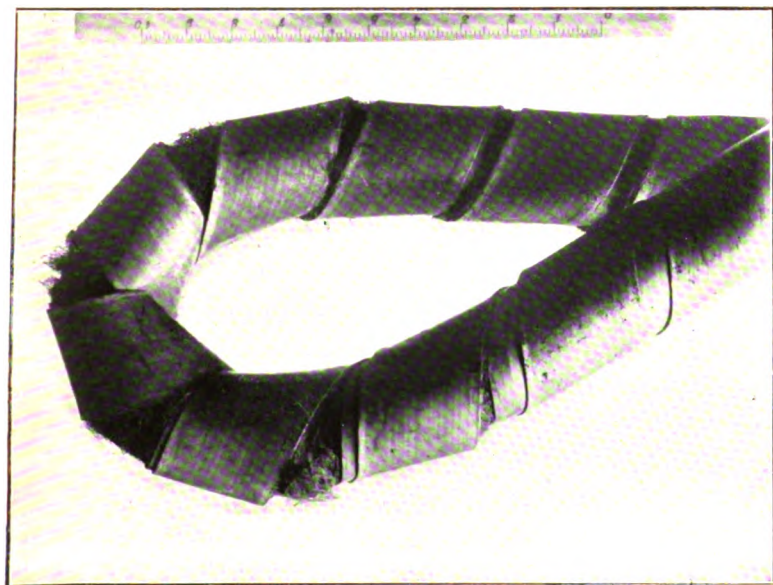


Fig. 7. — Câble de 108 mm^2 courlé sur un mandrin
ayant un diamètre égal au diamètre du câble.

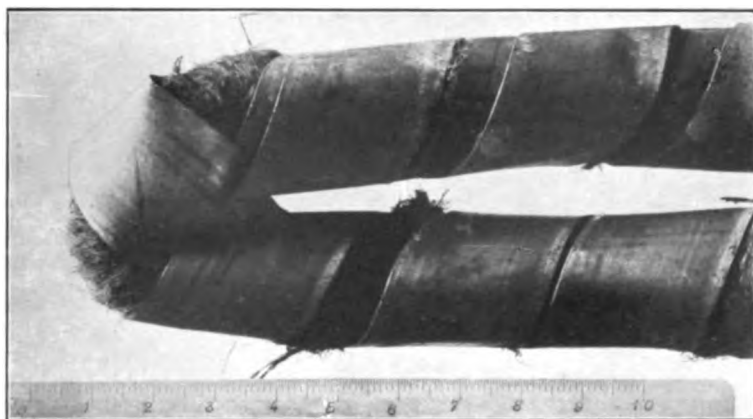


Fig. 10. — Câble de 108 mm² plié sur lui-même.

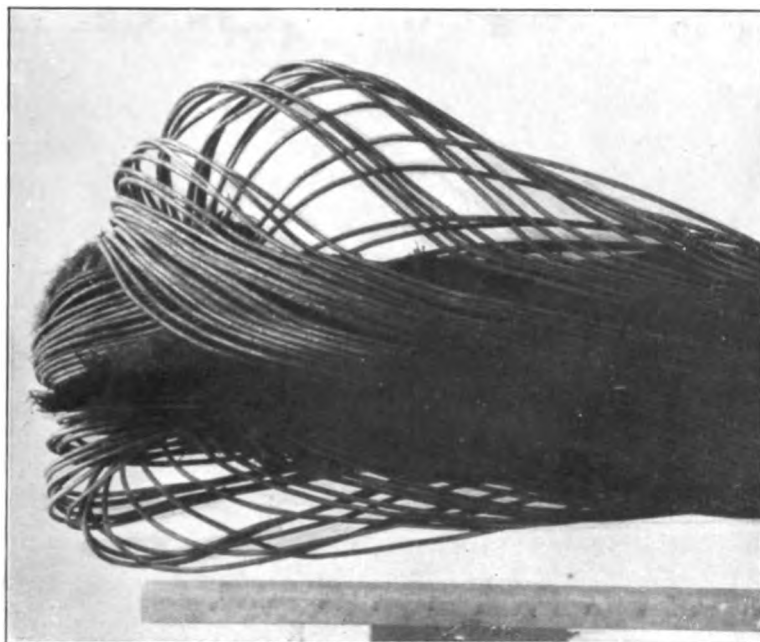


Fig. 9. — Câble de 50 mm² plié sur lui-même.

Tension appliquée (volts eff.).	Durée d'application.	Désignation des câbles percés.	Endroit du percement.
7 000.....	5 minutes	Pas de percement	
8 000 à 13 000...	Quelques secondes	5 tronçons, câble 1	4 percements près des extrémités des tubes de plomb; 1 percement vers le milieu de la longueur.
16 000.....	5 minutes	Pas de percement	
20 000.....	4 minutes	1 tronçon, câble 50	Percement à environ 4 ^m du bord de l'armure.
22 000 à 24 000...	Quelques secondes	5 tronçons, câble 10 1 tronçon, câble 50	Tous les percements vers le milieu de la longueur.
25 000.....	5 minutes	1 tronçon, câble 108	Percement près du bord de l'armure.
26 000.....	4 secondes	1 tronçon, câble 108	Percement à 15 ^m environ du bord de l'armure.

» *b. Câbles pliés sur eux-mêmes.* — Les 14 échantillons de câbles soumis aux essais précédents ont été laissés tels quels pendant trois mois environ, puis on a recherché les parties détériorées par le percement. Pour faire cette recherche, on a dû enlever complètement les armures des câbles de 50 et 108 mm²; pour les câbles sous plomb, on a pu couper peu à peu le tube de plomb jusqu'à l'endroit où l'on a trouvé la trace du percement. Une fois les endroits de percement découverts, on a coupé les échantillons et les tronçons paraissant sains ont été pliés sur eux-mêmes, à l'étau. Les câbles sont restés pliés une huitaine de jours avant de faire l'essai de percement.

» On a constaté, au pliage, que l'isolant des câbles de 50 et 108 mm² se déchirait, mais sans toutefois laisser apparaître le conducteur.

» Lorsqu'on a examiné les échantillons, quelques jours plus tard, les déchirures s'étaient agrandies et le conducteur était à nu dans la partie extérieure du coude.

» L'essai de percement n'a donc porté que sur les 10 échantillons de câbles sous plomb.

» Les résultats de ces essais sont consignés dans le Tableau suivant :

Tension appliquée (volts eff.).	Durée d'application.	Désignation des câbles percés.	Endroit du percement.
150 à 200	Quelques secondes	1 tronçon, câble 1	Percement à 2 ^{cm} environ du bord du tube de plomb dans une partie non pliée.
200	4 minutes	1 tronçon, câble 10	<i>Idem.</i>
500 à 600	Quelques secondes	1 tronçon, câble 10	<i>Idem.</i>
600 à 700	Quelques secondes	1 tronçon, câble 1	<i>Idem.</i>
6000	2 minutes	Pas de percement	
6500	4 minutes	Pas de percement	
10300	4 minutes	1 tronçon, câble 1	Percement à 4 ^{cm} environ du bord du tube de plomb dans une partie non pliée.
12000	20 secondes	1 tronçon, câble 1	<i>Idem.</i>
14500	5 minutes	Pas de percement	
15000	Moins d'une seconde	1 tronçon, câble 10	Percement dans la partie pliée.
18000	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>
20000	1 seconde	<i>Idem.</i>	<i>Idem.</i>

» II. *Mesures d'isolement.* — Ces mesures ont porté sur deux câbles de 1 mm² et 10 mm² de section, ayant une longueur d'environ 100 m chacun.

» Les résistances d'isolement de ces câbles ont été mesurées avant et après séjour dans une étuve, ainsi qu'il est indiqué ci-après.

» Les mesures ont été faites par la méthode dite *de la déviation*. Tension d'essai : 150 volts environ.

» Les valeurs indiquées pour la résistance d'isolement sont celles obtenues en connectant le pôle (—) de la source à l'âme.

» 1. On a d'abord mesuré la résistance d'isolement entre tube de plomb et conducteur, du câble de 1 mm², lequel avait subi quelques manipulations pour le transport et le tronçonnage des échantillons destinés à d'autres essais.

» La valeur de cette résistance a été trouvée égale à 3300 mégohms environ, à la température de 13° C.

» Le câble a été placé ensuite dans l'étuve et maintenu, pendant 1000 heures (41 à 42 jours), à une température moyenne de 55° C. (températures extrêmes : 50° C. et 58° C.).

» Après refroidissement, et sans déplacer le câble, l'isolement a été mesuré à nouveau et trouvé égal à 12 000 mégohms environ, à la température de 21° C.

» 2. Le câble 1 a été laissé tel quel pendant une douzaine de jours, puis il a été déroulé, réenroulé et placé dans l'étuve.

» Le câble 10, qui n'avait pas encore été soumis à l'action de la chaleur, a été également déroulé, réenroulé et placé dans l'étuve.

» On a alors mesuré la résistance d'isolement de ces câbles et l'on a obtenu les valeurs suivantes :

Câble de 1 mm ²	4300 mégohms
Câble de 10 mm ²	9000 —

Température ambiante, au moment des mesures, 26° C.

» Après ces mesures, on a refermé l'étuve et commencé le chauffage de façon à maintenir une température moyenne de 75° C. (valeurs extrêmes : 70° C. et 82° C.).

» Les câbles ont été maintenus à cette température pendant 170 heures (une semaine).

» Après refroidissement et sans déplacer les câbles, on a mesuré les résistances d'isolement pour lesquelles on a obtenu les valeurs suivantes, à 25° C. :

Câble de 1 mm ²	4600 mégohms
Câble de 10 mm ²	6900 —

CHAPITRE III.

ESSAIS D'ÉCHAUFFEMENT.

» On a étudié les échauffements des câbles, sous l'influence du passage de courants continus, dans les conditions suivantes :

- | | | |
|--|---|----------------------------|
| A. Câbles isolés et câbles nus suspendus dans l'air. | { | 1. Charges continues. |
| | | 2. Charges intermittentes. |
| B. Câble isolé appliqué contre une poutre en fer... | { | 3. Charges continues. |
| | | 4. Charges intermittentes. |

» *Disposition et conduite générale des essais.* — Les mesures ont porté, dans chaque cas, sur une longueur d'environ 10 m., faisant partie d'un câble plus long, 15 m à 25 m en général.

» Lorsque le câble en essai n'avait pas une longueur notablement supérieure à 10 m, on choisissait pour amener le courant des câbles de section appropriée de telle sorte que ces câbles et les connexions n'apportent qu'une perturbation négligeable dans la répartition des températures dans le câble en essai.

» La *température du conducteur du câble* a été déduite de l'augmentation de la résistance de ce conducteur entre prises de potentiel espacées de 10 m.

» Le câble était monté en série avec une résistance invariable et l'on comparait les deux différences de potentiel.

» Le coefficient de variation de résistivité avec la température du cuivre entrant dans la composition des conducteurs a été déterminé, au préalable, pour plusieurs échantillons, et a été trouvé égal, en moyenne, à 0,004 par degré centigrade. C'est cette valeur qui a été adoptée dans les calculs.

» La *température de la surface extérieure du câble* était mesurée par des thermomètres appliqués sur l'armure par de petits tampons de ouate.

» Sur la longueur de 10 m étaient disposés cinq thermomètres placés à 2,50 m l'un de l'autre.

» On a pris, comme *température de l'armure* ou de la surface extérieure, lorsqu'il s'agissait de câbles nus, la moyenne des indications des trois thermomètres placés dans la partie médiane ; les indications de ces thermomètres ne différaient entre elles que de 1° C. à 2° C. au plus.

» Les thermomètres disposés près des prises de potentiel servaient surtout à s'assurer que les câbles d'amenée et les connexions n'avaient pas d'influence perturbatrice notable. La différence entre les indications de ces thermomètres et la moyenne des indications de ceux placés dans la partie médiane n'a jamais dépassé 8° C. dans les cas les plus défavorables et pour des valeurs élevées des températures.

» La température de l'air de la salle était mesurée à l'aide de cinq thermomètres placés à peu près au droit de ceux du câble et à

l'abri de son rayonnement. On a pris, comme *température ambiante*, la moyenne des indications de ces cinq thermomètres qui, en général, différaient entre elles de moins de 3° C.

» Les mesures de résistance et de température étaient faites toutes les 15 minutes au moins. Le courant était maintenu aussi constant que possible dans chaque cas, ce courant a été fourni par des accumulateurs pour la plupart des essais.

» 1. *Échauffement de câbles suspendus dans l'air, sous l'influence de charges continues.* — Pour ces essais, le câble en expérience était suspendu horizontalement et en ligne droite par des filins en chanvre espacés de 1 m à 1,50 m.

» Il était éloigné d'au moins 1,50 m de toute paroi et à l'abri des courants d'air.

» Pour chaque câble, on a fait plusieurs séries de mesures avec des intensités de courant différentes. Dans tous les cas où les sources de courant dont on disposait l'ont permis, on a poussé l'essai jusqu'à une intensité de courant qui amenait la surface extérieure du câble à une température voisine de 100° C.

» Pour chaque intensité de courant, on a maintenu la charge pendant un temps suffisant pour que l'état de régime des températures soit atteint pour le conducteur et pour l'armure. Dans la plupart des cas, et particulièrement pour les gros câbles, il fallait plusieurs heures pour que les températures devinssent stationnaires.

» Ce sont ces valeurs à l'état de régime qui ont été utilisées dans les calculs.

» Cette série d'essais a porté sur des échantillons de tous les câbles fournis par la Marine, dont les sections arrondies sont : 1, 5, 10, 25, 50, 108, 250, 400, 600 et 800 mm².

» En outre, on a fait des mesures sur des câbles nus, brillants et noircis, de 25 mm² et de 100 mm².

» Pour ces câbles, on a d'abord fait une série de mesures, la surface extérieure étant soigneusement nettoyée et brillante, puis on a soumis cette surface à l'action d'une dissolution d'acide sulfhydrique dans l'eau, de façon à obtenir une surface noire mate, analogue à celle des câbles exposés aux intempéries depuis longtemps.

» Les résultats des mesures sont résumés dans les Tableaux suivants qui indiquent, pour chaque câble, l'intensité du courant, la densité du courant, les échauffements du conducteur et de la surface extérieure de l'armure, et la température ambiante au moment où l'état de régime était atteint.

» Les valeurs portées dans les Tableaux ont servi à tracer les courbes des planches I à XII. Les planches XIII et XIV résument les essais pour les échauffements des conducteurs seuls; dans la planche XIII, on a pris pour les coordonnées des échelles régulières et dans la planche XIV des échelles logarithmiques :

Désignation et section du câble.	Intensité du courant. en ampères.	Densité de courant. en A : mm ² .	Échauffements (degrés C.)		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
			Conducteur.	Armure.	
I S = 1,18 mm ² . Isolé. (Pl. I)	4,76	4,03	8	0,5	16
	7,15	6,14	11	1,5	16
	15,4	13	19,5	7,4	15,5
	20,1	17	33	13,5	15
	24,7	20,9	44,4	19,3	15,6
	29,4	24,9	60	28,3	16
	40,0	33,9	139	55	22
	48,4	41	221	85	21
5 S = 4,53 mm ² . Isolé. (Pl. II)	11,7	2,58	9,3	1,5	13,2
	16,5	3,64	11	2,5	13
	20,8	4,58	15	3,5	15
	51,5	11,36	52,5	20	20
	60,5	13,35	63,5	27,5	14,5
	83	18,3	110,5	54	19,5
	91	20,05	125	66	14,2
	101	22,2	167	86	20
10 S = 10,8 mm ² . Isolé. (Pl. III)	59,5	5,52	18,8	9,3	22,2
	81	7,50	26,7	16,4	21,8
	100	9,26	40,5	26	23,5
	110	10,2	45,5	31	22,5
	130	12	65	43	21
	159	14,7	114	66	21
	168	15,5	132	74,3	21
	180	16,7	153	85	21,5

Désignation et section du câble.	Intensité du courant. en ampères.	Densité de courant. en A : mm ² .	Échauffements (degrés C.)		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
			Conducteur.	Armure.	
25 S = 23,5 mm ² . Isolé. (Pl. IV)	60	2,55	13,3	3,3	14,2
	80	3,41	18	6	14
	101	4,30	24	9	14
	120	5,11	36	14	14
	140	5,96	45,5	18,3	13
	181	7,70	66,7	30	9,3
	201	8,55	83	39,3	10
	220	9,36	102	46,8	10,7
	244	10,4	134,4	58	10,6
	262	11,1	161	69,5	16
50 S = 48 mm ² . Isolé. (Pl. V)	283	12	209	90	16
	102	2,12	11,6	4,9	15,1
	146	3,04	20	9,8	15,2
	199	4,14	34,8	17,7	14,6
	248	5,17	57,5	28,4	17,2
	309	6,44	95	43	17,6
	345	7,18	117	54,6	18,5
108 S = 108 mm ² . Isolé. (Pl. VI)	405	8,43	178	84	20,8
	110	1,02	7,6	2,9	24,6
	160	1,48	14	5	22,6
	210	1,95	19	9,1	20,2
	272	2,52	29	13,6	20,6
	340	3,15	45	20	20,7
	388	3,60	64	27,5	21,2
	424	3,93	76	33	21,5
	480	4,45	103	44,8	23
	565	5,23	147	62,6	23,9
250 S = 247 mm ² . Isolé. (Pl. VII)	595	5,52	166	72,5	24
	240	0,972	13,9	3,9	25
	384	1,55	31,2	9,3	25,7
	515	2,08	46,4	17,0	27,5
	649	2,63	64,0	25,9	29
	780	3,16	90,5	38,7	29
	985	3,99	143,5	63,2	23,3

Désignation et section du câble.	Intensité du courant. en ampères.	Densité de courant. en A : mm ² .	Échauffements (degrés C.)		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
			Conducteur.	Armure.	
400 S = 395 mm ² . Isolé. (Pl. VIII)	400	1,01	16,0	6,3	27,8
	639	1,62	34,8	14,2	26,5
	760	1,92	45,8	19,4	24,6
	815	2,06	54,2	23,4	24,8
	900	2,28	65,5	29,5	24,5
	1 020	2,58	79	36,8	24,5
	1 200	3,04	112	51,7	26
	1 320	3,34	136	62,0	27,8
600 S = 588 mm ² . Isolé. (Pl. IX)	450	0,765	12,5	4,9	24,8
	632	1,073	19,5	8,3	27
	890	1,51	33,6	16,4	27
	1 215	2,06	61,4	30,4	27,6
	1 365	2,32	76,0	37,5	26,5
800 S = 840 mm ² . Isolé. (Pl. X)	430	0,512	7,3	2,4	24,8
	632	0,752	14,5	5,3	27
	890	1,06	24,8	10,5	27
	1 215	1,445	40,8	19,3	27,6
	1 380	1,64	44,0	23,5	26,5

Désignation et section du câble.	Intensité du courant. en ampères.	Densité de courant. en A : mm ² .	Échauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
			Conducteur.	Surface extérieure.	
25 _n ⁽¹⁾ S = 25 mm ² . Câble nu brillant. (Pl. XI)	50	2,00	21,4	6,6	25,3
	100	4,00	45,6	23,4	25,6
	198	7,92	134	90	26,0
Même câble noirci.	102	4,08	43,7	19,8	28,8
	153	6,12	78,6	42,6	28,9
	205	8,20	126,6	75,2	29
100 _n ⁽²⁾ S = 100 mm ² . Câble nu brillant. (Pl. XII)	137	1,37	16,4	7,8	28,8
	253	2,53	43,5	23,8	28,8
	356	3,56	72,3	44,7	28
	487	4,87	122	83,8	28,4

(¹) Câble constitué par un toron de 19 fils de cuivre de 1,3 mm de diamètre.

(²) Câble constitué par un toron de 19 fils de cuivre de 2,58 mm de diamètre.

Désignation et Section du câble.	Intensité du courant, en ampères.	Densité de courant, en A : mm ² .	Échauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
			Conducteur.	Surface extérieure.	
Même câble noirci.	131	1,31	—	6	27
	260	2,60	41	20,3	28,5
	358	3,58	66,5	37	28,5
	517	5,17	115	71	28

» II. *Échauffement de câbles suspendus dans l'air, sous l'influence de charges variables et intermittentes.* — La disposition et la conduite générale des essais étaient les mêmes que dans le cas de charges continues, mais le courant était établi, interrompu ou réglé à diverses valeurs à des intervalles de temps périodiques.

» Cet intervalle était de 15 ou 30 minutes; comme la résistance du câble avait varié pendant ce temps, il fallait régler le courant à chaque remise en charge. Ce réglage demandait, parfois, quelques minutes, durée non négligeable devant 15 minutes; c'est ce qui explique les petites différences entre les valeurs des échauffements une fois le régime variable établi; c'est également pour cette raison qu'on n'a pu relever dans tous les cas la température du conducteur au moment de la remise en charge.

» Les valeurs indiquées pour les échauffements des conducteurs correspondent donc aux maxima de température de ces conducteurs.

» Les essais ont porté sur le câble de 108 mm², isolé, et sur les câbles nus de 25 mm² et 100 mm², brillants et noircis.

» Les résultats obtenus sont consignés dans les Tableaux suivants : les valeurs portées dans ces Tableaux ont servi à tracer les courbes des planches XV à XXXIII.

Designation du câble. Régime.	Temps en h. et m.	Échauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
		Conducteur.	Armure.	
	0 00	0	0	24,1
	0 15	68,3	23,8	24,4
	0 30	—	22,7	24,5
	0 45	91,8	35,5	24,7
	1 00	—	26,8	24,8
	1 15	94,3	37,8	25
	1 30	—	30	25,1
Câble isolé, 108 ^{mm} ² , suspendu dans l'air.	1 45	98,2	40,7	25,4
	2 00	—	30,5	25,5
Régime :	2 15	95,4	39,8	25,6
600 ampères environ pendant 15 minutes.	2 30	—	30	25,7
	2 45	103,6	42	25,9
Dens. de cour. : 5,56 A. : mm ² .	3 00	—	34	26
Zéro ampère pendant 15 mi- nutes.	3 15	109	44,6	26,1
	3 30	—	36,3	26,2
(Pl. XV)	3 45	111	46,2	26,4
	4 00	—	36,6	26,6
	4 15	107	42,6	26,6
	4 30	—	33,5	26,7
	4 45	105	43,3	26,7
	5 00	—	33,4	26,8
	5 15	104	43,1	27
	5 30	—	32,3	27
	5 45	103	43	27
	6 00	119	53	27
	6 15	—	37,4	27
Régime à partir de ce mo- ment :	6 30	109	46	27
	6 45	131,6	56	27
600 ampères environ pendant 30 minutes.	7 00	—	38,7	27
	7 15	109	45,8	27
Zéro ampère pendant 15 mi- nutes.	7 30	126,4	55,3	27
	7 45	—	39,4	27
	8 00	114	48,8	27
	8 15	141,7	57	26,9
	8 30	—	39,5	26,9

Désignation du câble. Régime.	Temps en h. et m.	Échauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
		Conducteur.	Armure.	
Câble isolé, 108 ^{mm} ² , suspendu dans l'air. Régime : 500 ampères environ pendant 15 minutes. Dens. de cour. : 4,63 A. : mm ² . 250 ampères environ pendant 15 minutes. Dens. de cour. : 2,31 A. : mm ² . (Pl. XVI)	0 00	0	0	25
	0 15	32,8	10,3	26
	0 30	20,7	14,4	26,3
	0 45	32,7	25	26,4
	1 00	31	23,7	26,5
	1 15	74	30,2	26,8
	1 30	53,3	27	27
	1 45	79	33,3	27
	2 00	57,2	28,8	27,1
	2 15	75,6	33,8	27,3
	2 30	56	28	27,4
	2 45	79	33,4	27,6
	3 00	58	29	27,8
	3 15	79,4	32,5	27,8
	3 30	52	27,5	28
Interruption de quelques mi- nutes pour réglage. Régime : 500 ampères environ pendant 15 minutes. Dens. de cour. : 4,63 A. : mm ² . 105 ampères environ pendant 15 minutes. Dens. de cour. : 0,972 A. : mm ² .	3 45	79	32,8	28
	4 00	54,6	27,4	28
	4 15	79	32,7	28,3
	0 00	69	28,2	28,5
	0 15	43,5	23	28,5
	0 30	71,4	28,2	28,5
	0 45	44	23,4	28,6
	1 00	73,7	30	28,6
	1 15	43	23,4	28,6
	1 30	72,6	29	28,6
	1 45	42,4	22,6	28,6
	2 00	67,5	27,2	28,8
	2 15	39	21,2	28,9
	2 30	64,3	26,5	29
	2 45	38	21	29,3
	3 00	67,6	27,2	29,4
	3 15	41,8	21,4	29,4
	3 30	70,4	28	29,4

Désignation du câble. Régime.	Temps en h. et m.	Échauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
		Conducteur.	Surface extérieure.	
Câble nu, 25 ^{mm²} , brillant, sus- pendu dans l'air. Régime : 200 ampères environ pendant 15 minutes. Densité de cour. : 8 A. : mm². Zéro ampère pendant 15 mi- nutes. (Pl. XVII)	0 00	0	0	26,2
	0 15	127	78,6	26,3
	0 30	—	8,8	26,4
	0 45	130	81,7	26,5
	1 00	—	9,1	26,4
	1 15	131	84,6	26,7
	1 30	—	9,5	26,5
	1 45	131	84,9	26,7
	2 00	—	9,1	26,5
	2 15	135	88,8	26,8
	2 30	—	11	26,6
	2 45	131	84	26,8
	3 00	—	9,4	26,7
	3 15	131	85	26,8
Même câble noirci. Même régime.	0 00	0	0	28,6
	0 15	122,5	52,5	28,7
	0 30	—	7,5	28,8
	0 45	124	52,3	29
	1 00	—	7,7	29
	1 15	125	52,6	29
	1 30	—	7,3	29
	1 45	124	51	29,3
	2 00	—	7	29,3
	2 15	125	52,3	29,4
Câble nu, 100 ^{mm²} , brillant, sus- pendu dans l'air. Régime : 297 ampères environ pendant 15 minutes. Dens. de cour. : 2,97 A. : mm². Zéro ampère pendant 15 minutes. (Pl. XVIII)	0 00	0	0	29
	0 15	40,7	21,8	29,2
	0 30	—	11	29,3
	0 45	47,5	25	29,5
	1 00	—	11	29,5
	1 15	46	24,3	29,5
	1 30	—	10,7	29,6
	1 45	46,6	24	29,6
	2 00	—	10,2	29,7
	2 15	44,2	24	29,7
	2 30	—	10,3	29,7
	2 45	44,2	23,3	29,7
	3 00	—	9,7	29,8
	3 15	45,2	23,3	29,8

Désignation du câble. Régime.	Temps en h. et m.	Échauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
		Conducteur.	Surface extérieure.	
Même câble noirci.	0 00	0	0	27,6
Régime :	0 15	43	20,6	27,8
305 ampères environ pendant	0 30	—	8,2	27,8
15 minutes.	0 45	44	20,9	27,9
Dens. de cour. : 3,05 A. : mm ² .	1 00	—	7,9	27,9
Zéro ampère pendant 15 minutes.	1 15	44	20,9	28

» A. ÉCHAUFFEMENT ET REFROIDISSEMENT DE CABLES ISOLÉS SUSPENDUS DANS L'AIR. — Les valeurs relevées pendant l'échauffement et le refroidissement de certains câbles isolés, suspendus dans l'air, sont indiquées dans les Tableaux suivants; ces valeurs ont servi à tracer les courbes des planches XIX à XXII.

Désignation du câble. Régime.	Temps en h. et m.	Échauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
		Conducteur.	Armure.	
Câble isolé suspendu dans l'air, S = 1,18 mm ² . (Pl. XIX)	0 00	19	7,4	16
	0 15	24	9,5	16
	0 30	27	11	16
	0 45	29,5	12	16
	1 00	31	12,5	15
	1 15	32	13	15
20 A. environ. (Densité de courant 17 A. : mm ² .)	1 30	32,5	13,3	15
	1 45	33	13,5	15
	0 00	33	13,5	15
	0 15	40	17,2	15
24,7 A. environ. (Densité de courant 20,9 A. : mm ² .)	0 30	43	19	15
	0 45	44,3	19,2	15,4
	1 00	44,4	19,3	15,5
	0 00	44,4	19,3	16,9
Régime : 29,5 A. environ. (Densité de courant 25 A. : mm ² .)	0 15	52,5	24	17
	0 30	56,5	26	17,3
	0 45	58	27	17,
	1 00	59	27,6	17,3
	1 15	59,8	28,2	16,6
	1 30	60	28,3	16,3

Désignation du câble. Régime.	Temps en h. et m.	Echauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
		Conducteur.	Armure	
Câble isolé suspendu dans l'air, $S = 4,52 \text{ mm}^2$. (Pl. XX) Régime : 91 A. environ (89,5 à 92,5 A.). (Densité de courant 20 A. : mm^2 .)	0 00	62	22	14,5
	0 15	117	55	14,2
	0 30	124	62	14
	0 45	125	65	14
	1 00	125	66	14
Câble isolé suspendu dans l'air, $S = 4,52 \text{ mm}^2$ — Régime : 101 A. environ (98,5 à 101 A.). (Densité de courant 22,3 A. : mm^2 .)	0 00	84	35	18,2
	0 15	135	62	18,6
	0 30	140	78	19,2
	0 45	145	81	20,1
	1 00	150	82	21,2
	1 15	154	83	20,3
	1 30	156	84	20,5
	1 45	158	84,5	20,7
	2 00	160	85	22
	2 15	162	85,3	23,3
	2 30	163	85,5	22
	2 45	164	85,7	21,4
	3 00	165	85,8	20,8
Câble isolé suspendu dans l'air, $S = 10,8 \text{ mm}^2$. (Pl. XXI) Régime : 100 A. environ (99 à 101 A.). (Densité de courant 9,26 A. : mm^2 .)	0 00	3	5	19,4
	0 15	31	18	19,8
	0 30	35	22,5	20
	0 45	37,5	24	20,3
	1 00	39	25	20,7
	1 15	40	25,5	21
	1 30	40,5	26	21,5
Câble isolé suspendu dans l'air, $S = 10,8 \text{ mm}^2$. — Régime : 130 A. (127 à 133 A.). (Densité de courant 12 A. : mm^2 .)	0 00	6	2	19
	0 15	56,5	31	19
	0 30	60	38	19,4
	0 45	62	40,5	19,8
	1 00	63,5	41,5	20,4
	1 15	64	42	20,6
	1 30	64,5	42,5	21
Régime : 160 A. (159 à 162 A.). (Densité de courant 14,8 A. : mm^2 .)	0 00	10,5	0,5	21
	0 15	83	46	21
	0 30	109	60	21,3
	0 45	113	63	21,5
	1 00	113,5	65	21,6

Désignation du câble. Régime.	Temps en h. et m.	Echauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
		Conducteur.	Armure.	
Câble isolé suspendu dans l'air, $S = 10,8 \text{ mm}^2$. Régime : 180 A. environ (179 à 182 A.). (Densité de courant 16,7 A. : mm^2 .)	0 00	2,5	1,5	18,5
	0 15	109	55	19,3
	0 30	131	75	20
	0 45	141	81	20,3
	1 00	146	83	20,3
	1 15	151	84	21
	1 30	153	85	22
Câble isolé suspendu dans l'air, $S = 23,5 \text{ mm}^2$. (Pl. XXII) Régime : 262 A. (261 à 268 A.). (Densité de courant 11,1 A. : mm^2 .) Régime : 283 A. (280 à 283,5 A.). (Densité du courant 12 A. : mm^2 .)	0 00	62	8	14,3
	0 15	102	30	14,8
	0 30	139	51	15,5
	0 45	150	60	16,3
	1 00	156	65	15,8
	1 15	159	67	15,9
	1 30	160	68	15,9
	1 45	161	69	16
	0 00	161	69,5	16
	0 15	185	80	15,4
	0 30	195	84	16
	0 45	201	86	16,2
	1 00	206	88	15,8
	1 15	208	89	15,8
Câble isolé suspendu dans l'air, $S = 48 \text{ mm}^2$. (Pl. XXIII) Régime : 412 A. (405 à 418 A.). (Densité de courant 8,58 A. : mm^2 .)	0 00	33	4	17
	0 15	70	23	17
	0 30	103	40	17,2
	0 45	132	58	17,5
	1 00	150	69	18
	1 15	160	76	17,5
	1 30	167	79	19
	1 45	170	81	19
	2 00	172	82	19
Câble isolé suspendu dans l'air, $S = 108 \text{ mm}^2$. (Pl. XXIV) Régime : 218 A. (214 à 224 A.). (Densité de courant 2,02 A. : mm^2 .)	0 00	6,5	0,8	19,5
	0 15	12,2	4,2	19,5
	0 30	15,7	6,2	19,5
	0 45	16,3	7,5	19,7
	1 00	17	8,0	20

Désignation du câble. Régime.	Temps en h. et m.	Échauffements en • degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
		Conducteur.	Armure.	
Régime :				
279 A. (278 à 281 A.).	0 00	8	1	20,4
(Densité de courant	0 15	17	6	20,5
2,58 A. : mm ² .)	0 30	24	9,2	20,7
	0 00	38,5	9	20,7
Régime :	0 15	56	20	20,7
490 A. (486 à 495 A.).	0 30	73	30	20,8
(Densité de courant	0 45	86	36	21,1
4,53 A. : mm ² .)	1 00	95	40	21,3
	1 15	98	42	21,5
Câble isolé suspendu dans l'air.	0 00	12	1	25,5
S = 247 mm ² .	0 15	22	6	25,9
(Pl. XXV)	0 30	32,3	9	26
Régime :	0 45	38,7	12	26,3
600 A. environ (601 à 597 A.).	1 00	43,6	15,4	26,4
(Densité de courant	1 15	47,7	17	26,6
2,43 A. : mm ² .)				
	0 00	30	5	22
	0 15	66	24	22,2
	0 30	87,5	35	22,4
Régime :	0 45	104	42,6	22,5
997 A. environ (980 à 1003 A.).	1 00	117,3	49,3	22,7
(Densité de courant	1 15	—	53,7	22,8
4,03 A. : mm ² .)	1 30	—	56,9	22,8
	1 45	138	59,7	23
	2 00	141	61,3	23
	0 00	9	0,3	23,1
	0 15	14,7	3,5	23,2
Câble isolé suspendu dans l'air,	0 30	21	6,5	23,4
S = 395 mm ² .	0 45	25,5	9	23,5
(Pl. XXVI)	1 00	29	11,3	23,7
Régime :	1 15	33	12,8	23,8
740 A. environ (730 à 761 A.).	1 30	—	—	24
(Densité de courant	1 45	38	15	24,1
1,87 A. : mm ² .)	2 00	—	16,3	24,2
	2 15	42	17,2	24,2
	2 30	43,3	17,6	24,3

Désignation du câble. Régime.	Temps en h. et m.	Échauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
		Conducteur.	Armure.	
Câble isolé suspendu dans l'air, $S = 395 \text{ mm}^2$. Régime : 920 A. (917 à 922 A.). (Densité de courant 2,33 A. : mm^2 .)	0 00	13	1,4	21,2
	0 15	24,8	7,6	21,5
	0 30	33,6	12,2	21,6
	0 45	39,4	15,5	21,9
	1 00	45,5	18,5	22
	1 15	50,8	20,6	22,5
	0 00	Non mesuré.	36,8	24,6
	0 15	—	33,3	24,1
	0 30	—	27	24,5
	0 45	—	22,7	23,5
Câble isolé suspendu dans l'air, $S = 395 \text{ mm}^2$. Refroidissement de l'armure après échauffement par un courant de 1020 A.	1 00	—	18,4	23,2
	1 15	—	12,6	23
	1 30	—	9,2	22,9
	1 45	—	6,6	22,7
	2 00	—	4,6	22,6
	2 15	—	3,7	22,2
	2 30	—	2,9	22,1
	2 45	—	2,3	22
	0 00	0	0	22,9
	0 30	45,7	17,6	23,3
Câble isolé suspendu dans l'air, $S = 395 \text{ mm}^2$. (Pl. XXVII) Régime : 1200 ampères environ. Densité de courant : 3 A. : mm^2 .	1 00	68	29,7	23,5
	1 30	82,2	36,5	24,9
	2 00	87,6	41	24,3
	2 30	96	45	24,6
	3 00	102	46,5	24,8
	3 30	105	48	25,1
	4 00	108	49,5	25,6
	4 30	110	50,5	25,8
	5 00	111	51	26
	5 30	111,5	51,4	26,1
Refroidissement	6 00	112	51,7	26,2
	0 00	112	51,7	26,2
	0 30	61	34,3	26,8
	1 00	42,3	22,6	25,5
	1 30	Non mesuré.	15,4	25
	2 00	—	10,8	24,7
	2 30	—	8,8	24,3
	3 00	—	5,9	24
	3 30	—	4,6	23,7
	4 00	—	3,4	23,6
	4 30	—	2,7	23,4
	5 00	—	2	23,3

Désignation du câble Régime.	Temps en h. et m.	Échauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
		Conducteur.	Armure.	
Câble isolé, suspendu dans l'air. $S = 395 \text{ mm}^2$. (Pl. XXVIII) Régime : 1320 ampères environ. Dens. de cour. : 3,34 A. : mm ² .	0	0	0	23,3
	1	86	35	24,3
	2	112	51	25,2
	3	121	56	25,8
	4	125	57	26,4
	5	128	58	27,5
	6	131	59	27,5
	7	133	60	28
	8	135	61,5	27,8
	8 30	136	62	27,8
	0 00	136	62	27,8
	0 30	Non mesuré.	44	26,7
	1 00	—	30	26,2
Refroidissement.....	1 30	—	20	26,9
	2 00	—	13	25,5
	2 30	—	9	25,0
	3 00	—	6	25,0
	3 30	—	4	24,8
Câble isolé, suspendu dans l'air. $S = 588 \text{ mm}^2$. (Pl. XXIX) Régime : 1365 ampères environ. Dens. de cour. : 2,32 A. : mm ² .	0 00	0	0	23,5
	0 30	29	13,5	24
	1 00	46,8	22	24,5
	1 30	57,6	27,4	24,9
	2 00	62,7	31	25,1
	2 30	68,3	33,6	25,4
	3 00	71	35	25,9
	3 30	73	36	26,1
	4 00	75	37	26,2
	4 30	76	37,5	26,4
	5 00	76	37,5	26,5
	0 00	76	37,5	26,5
	0 30	Non mesuré.	28,7	26,2
Refroidissement.....	1 00	—	20,2	25,9
	1 30	—	14,2	25,6
	2 00	—	11,2	25,4
	2 30	—	8,8	24,4
	3 00	—	6,7	24
	3 30	—	4,5	23,6
	4 00	—	3,6	23,2
	5 00	—	3	22,1

Désignation du câble. Régime.	Temps en h. et m.	Échauffement en degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
		Conducteur.	Armure.	
Câble isolé suspendu dans l'air, $S = 588 \text{ mm}^2$, (Pl. XXX) Régime : 1200 A. (1170 à 1260 A.). (Densité de courant 2,04 A. : mm^2 .)	0 00	6,8	1,8	24,1
	0 15	14,3	5,8	24,6
	0 30	21,5	9,5	24,5
	0 45	26,5	12,2	24,8
	1 00	32,8	15,5	25
Régime : 1375 A. (1371 à 1383 A.). (Densité de courant 2,33 A. : mm^2 .)	0 00	37,7	18	27,3
	0 15	44,3	20,9	27,4
	0 30	49,2	24,2	27,6
	0 45	56,1	26,3	27,7
	1 00	58,3	28,4	27,8
	1 15	61,1	30,1	27,9
Refroidissement de l'armure	0 00	—	30,2	27,6
	0 15	—	28,1	27
	0 30	—	24,8	26,7
	0 45	—	21,9	26,7
	1 15	—	15,7	26
	1 45	—	11,1	25,3
	2 15	—	8,6	25
	2 30	—	6,4	24,7
Câble isolé suspendu dans l'air. $S = 840 \text{ mm}^2$, (Pl. XXXI) Régime : 1380 ampères environ. Dens. de cour. : 1,64 A. : mm^2 .	0 00	0	0	23,5
	0 30	14	7,7	24
	1 00	24,5	12,7	24,5
	1 30	30,6	16,1	24,9
	2 00	33,5	18,6	25,1
	2 30	36,1	20,2	25,4
	3 00	39,1	21,4	25,9
	3 30	41,5	22,4	26,1
	4 00	42,5	23,2	26,2
	4 30	43,5	23,4	26,4
Refroidissement	5 00	44	23,5	26,5
	0 00	44	23,5	26,5
	0 30	35,3	18,4	26,2
	1 00	26,9	13,3	25,9
	1 30	20	9,7	25,6
	2 30	Non mesuré.	6,5	24,3
	3 30	—	3,4	23,6

Désignation du câble. Régime.	Temps en h. et m.	Échauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante. en degrés C.
		Conducteur.	Armure.	
Câble isolé suspendu dans l'air. $S = 840 \text{ mm}^2$. (Pl. XXXII)	0 00	5,9	1,1	24,1
Régime :	0 15	10,7	3,4	24,2
1190 A. (1170 à 1250 A.).	0 30	15,5	5,5	24,5
(Densité de courant 1,41 A. : mm^2 .)	0 45	—	7,1	24,8
	1 00	23,3	9,1	25
Câble isolé suspendu dans l'air, $S = 840 \text{ mm}^2$. —	0 00	26,2	11,4	27,3
	0 15	28,8	13,2	27,5
	0 30	33,7	15,2	27,6
Régime :	0 45	36,3	16,5	27,7
1375 A. (1365 à 1380 A.).	1 00	37,2	17,6	27,8
(Densité de courant 1,63 A. : mm^2 .)	1 15	39,6	18,7	27,9
	1 30	40,5	19,5	27,9
	0 00	—	19,3	27,7
	0 15	—	18	27,1
Refroidissement de l'armure après échauffement au ré- gime de 1215 A.	0 30	—	15,8	26,8
	0 45	—	14,6	26,7
	1 15	—	10,6	26
	1 45	—	7,8	25,3
	2 15	—	6,1	25
	2 45	—	4,9	24,7

» B. ÉCHAUFFEMENTS D'UN CÂBLE ISOLÉ APPLIQUÉ CONTRE UNE POUTRE EN FER. — Ces essais ont porté sur le câble de 108 mm^2 , câble isolé et armé.

» Ce câble a été appliqué, sur une longueur d'environ 10 m, dans l'angle formé par l'âme et l'aile d'un fer à I ayant les dimensions suivantes :

Hauteur totale, environ.....	78 mm
Épaisseur de l'âme.....	4 —
Largeur des ailes.....	40 —
Épaisseur des ailes.....	4 —

» Sur ce fer était rivée une cornière à ailes égales ayant 40 mm de largeur et 4 mm d'épaisseur.

» Ces pièces étaient recouvertes d'une peinture grise, elles faisaient partie d'une passerelle de service de la salle des machines du Laboratoire et l'on ne peut guère définir exactement les conditions dans lesquelles se trouvait le câble. Aussi, les valeurs trouvées pour les échauffements ne doivent être considérées que comme indicatives de l'ordre de grandeur de ces échauffements par rapport à ceux relevés sur le même câble tendu dans l'air libre.

» La conduite générale des essais a été la même que dans les cas précédents; les thermomètres pour la mesure de la température de l'armure étaient appliqués suivant la génératrice la plus éloignée du fer.

» Les résultats obtenus sont résumés dans les Tableaux suivants et dans les courbes des planches XXXIII à XXXVII.

» 3. *Câble de 108 mm² appliqué contre une passerelle en fer; charge continue (Pl. XXXIII).*

Intensité du courant en ampères.	Densité de courant en $\frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$	Échauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
				
		Conducteur.	Armure.	
210.....	1,95	14,6	6	21,4
409.....	3,79	58,3	25,8	23
595.....	5,52	140	57,6	23,2

» 4. *Câble de 108 mm² appliqué contre une passerelle en fer; charge intermittente.*

Régime.	Temps en h. et m.	Échauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante, • en degrés C.
		Conducteur.	Armure.	
600 ampères environ pendant 15 minutes. Dens. de cour. : 5,56 A. : mm ² . Zéro ampère pendant 15 minutes. (Pl. XXXIV)	0 00	—	—	21
	0 15	—	—	21,1
	0 30	—	—	21,3
	0 45	—	—	21,4
	1 00	80	30,2	21,5
	1 15	—	20,6	21,7
	1 30	80,7	28	21,8
	1 45	—	19,5	21,9
	2 00	85	29	22
	2 15	—	23,3	22,3
	2 30	87,5	30,2	22,4
	2 45	—	22,2	22,6
	3 00	85	30	22,7
	3 15	—	23,6	22,8
	3 30	84,5	30,3	23
	3 45	—	23	23,1
	4 00	82,5	31,1	23,2
	4 15	—	24,3	23,2
	4 30	84	30,8	23,3
	4 45	—	23,6	23,3

» 5. Échauffement et refroidissement du câble de 108 mm² appliqué contre une passerelle en fer ; charge continue.

Régime.	Temps en h. et m.	Échauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
		Conducteur.	Armure.	
(Pl. XXXV) Charge : 210 ampères environ. Dens. de cour. : 1,95 A. : mm ² .	0 00	0	0	19,5
	0 30	9,2	4	19,7
	1 00	11	4,9	19,9
	1 30	12,5	5,3	20
	2 00	13,3	5,5	20,2
	2 30	13,6	5,6	20,3
	3 00	13,8	5,8	20,6
	3 30	14	5,8	20,8
	4 00	14,2	5,9	20,9
	4 30	14,4	5,9	21,2
	5 00	14,5	5,9	21,4
	5 30	14,6	6	21,4

Régime.	Temps en h. et m.	Échauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
		Conducteur.	Armure.	
Refroidissement.....	0 00	—	6	21,4
	0 15	—	3,8	21,4
	0 30	—	2,5	21,5
	0 45	—	1,6	21,6
	1 00	—	1,1	21,6

*Câble de 108 mm² appliqué contre une passerelle en fer.
Charge intermittente.*

Régime.	Temps en h. et m.	Échauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante, en degrés C.
		Conducteur.	Armure.	
(Pl. XXXVI) 585 ampères environ pendant 30 minutes. (Densité de courant 5,42 A. : mm ² .) Zéro ampère pendant 15 mi- nutes.	0 00	103	43	27,1
	0 15	119	53	27,1
	0 30	—	37,4	27,1
	0 45	109	46,2	27
	1 00	132	56	27
	1 15	—	38,7	27,1
	1 30	109	45,8	27
	1 45	126	55,3	27
	2 00	—	39,4	26,9
	2 15	114	48,8	26,9
	2 30	142	57	26,9
	2 45	—	39,2	26,6

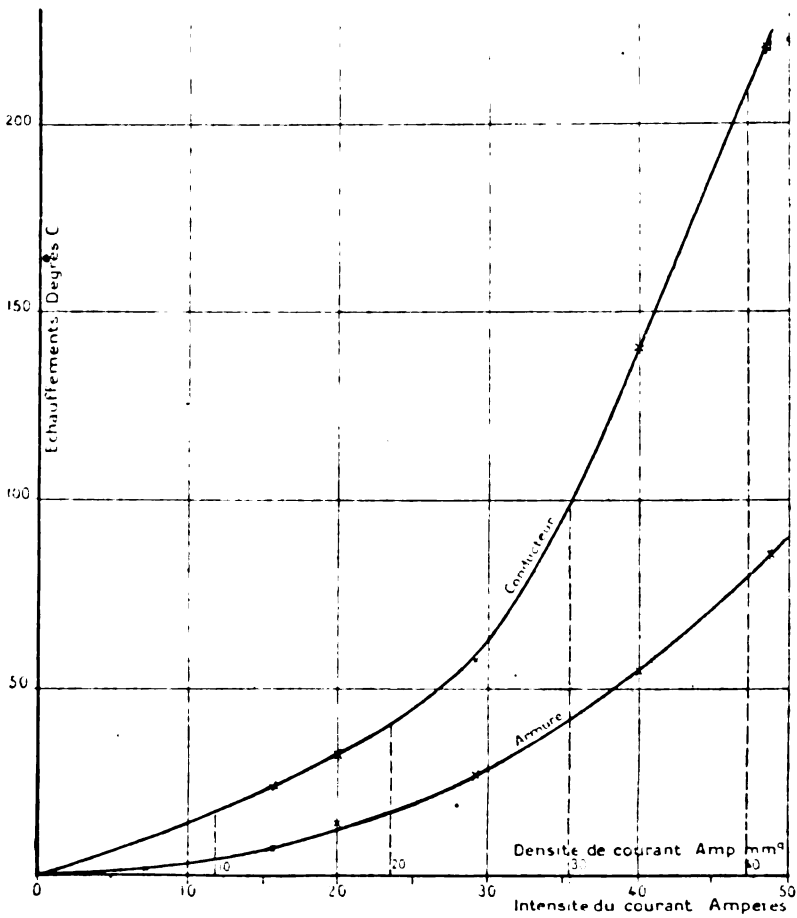
*Câble de 108 mm² appliqué contre une passerelle en fer.
Charge intermittente.*

Régime.	Temps en h. et m.	Intensité du courant en ampères.	Échauffements en degrés C.		Tempé- rature ambiante. en degrés C.
			Conducteur.	Armure.	
(Pl. XXXVII) 500 à 510 ampères pendant 15 minutes. (Densité de courant 4,63 à 4,72 A. : mm ² .) 241 à 254 ampères pendant 15 minutes. (Densité de courant 2,23 à 2,35 A. : mm ² .)	0 00	510	74	30,2	26,8
	0 15	254	53,3	27,1	27
	0 30	508	79	33,4	27
	0 45	253	57,2	28,8	27,1
	1 00	508	75,6	33,8	27,3
	1 15	253	55,9	28	27,4
	1 30	506	78,8	33,4	27,6
	1 45	245	58	28,8	27,8
	2 00	505	79,4	32,5	27,8
	2 15	244	52	27,5	28
	2 30	502	79	32,8	28,1
	2 45	241	54,6	27,4	28,2
	3 00	500	78,8	32,7	28,3
	0 00	519	69	28,3	28,5
	0 15	101	43,5	22,9	28,5
500 à 519 ampères pendant 15 minutes. (Densité de courant 4,63 à 4,8 A. : mm ² .) 98 à 111 ampères pendant 15 minutes. (Densité de courant 0,907 à 1,02 A. : mm ² .)	0 30	519	71,5	28,2	28,5
	0 45	100	43,9	23,4	28,6
	1 00	514	73,7	30,1	28,6
	1 15	103	43	23,4	28,6
	1 30	504	72,6	29,1	28,7
	1 45	98	42,4	22,6	28,6
	2 00	503	67,5	27,2	28,8
	2 15	108	38,9	21,2	28,9
	2 30	502	64,3	26,5	29,1
	2 45	109	38,1	21	29,3
	3 00	500	67,6	27	29,4
	3 15	109	41,8	21,4	29,5
	3 30	501	70,4	28	29,6
	3 45	111	49,9	23,4	29,4
	4 00	503	72,2	27,1	29,3

ECHAUFFEMENTS DU CÂBLE 1 SUSPENDU DANS L'AIR
sous l'influence de charges continues.

Câble isolé au caoutchouc avec armure.

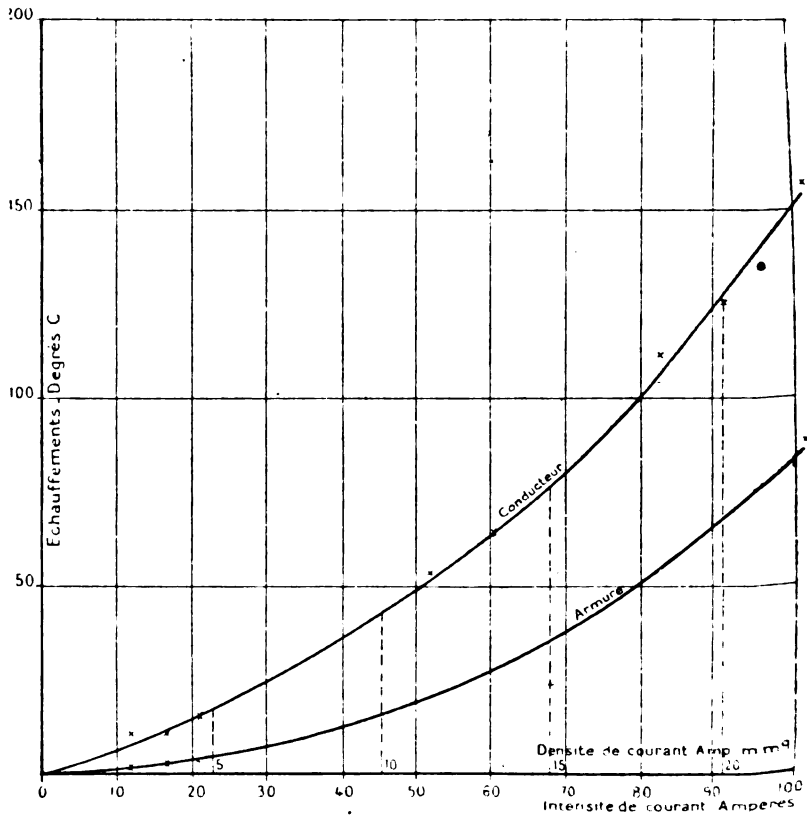
Section du conducteur. $1\text{ mm}^2, 18$.



ECHAUFFEMENTS DU CÂBLE 5 SUSPENDU DANS L'AIR
sous l'influence de charges continues.

Câble isolé au caoutchouc avec armure.

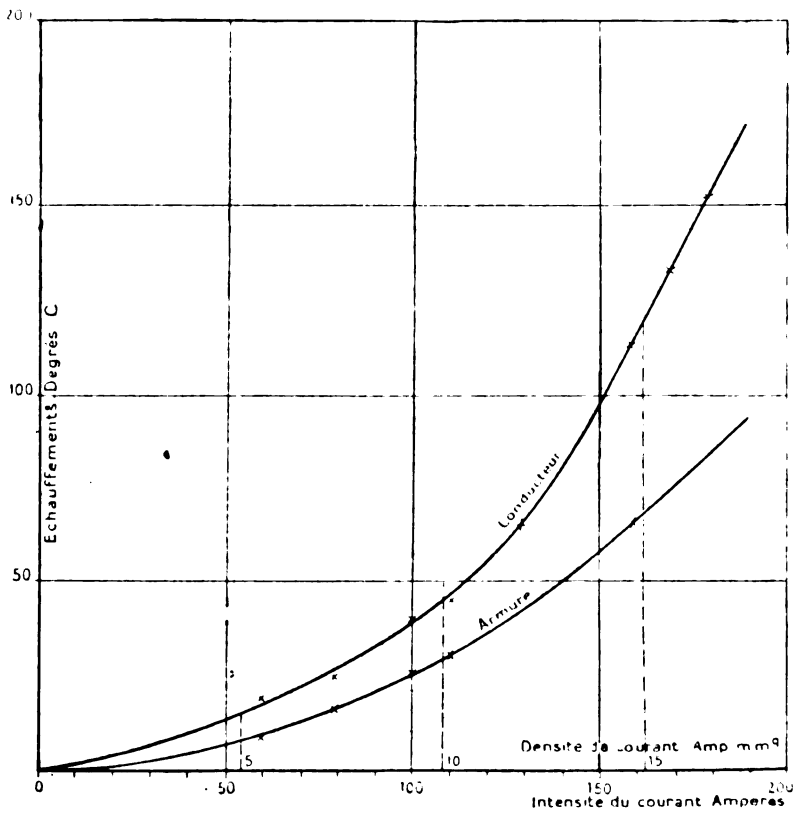
Section du conducteur, $4\text{mm}^2, 53$.



ECHAUFFEMENTS DU CABLE 10 SUSPENDU DANS L'AIR
sous l'influence de charges continues.

Câble isolé au caoutchouc avec armure.

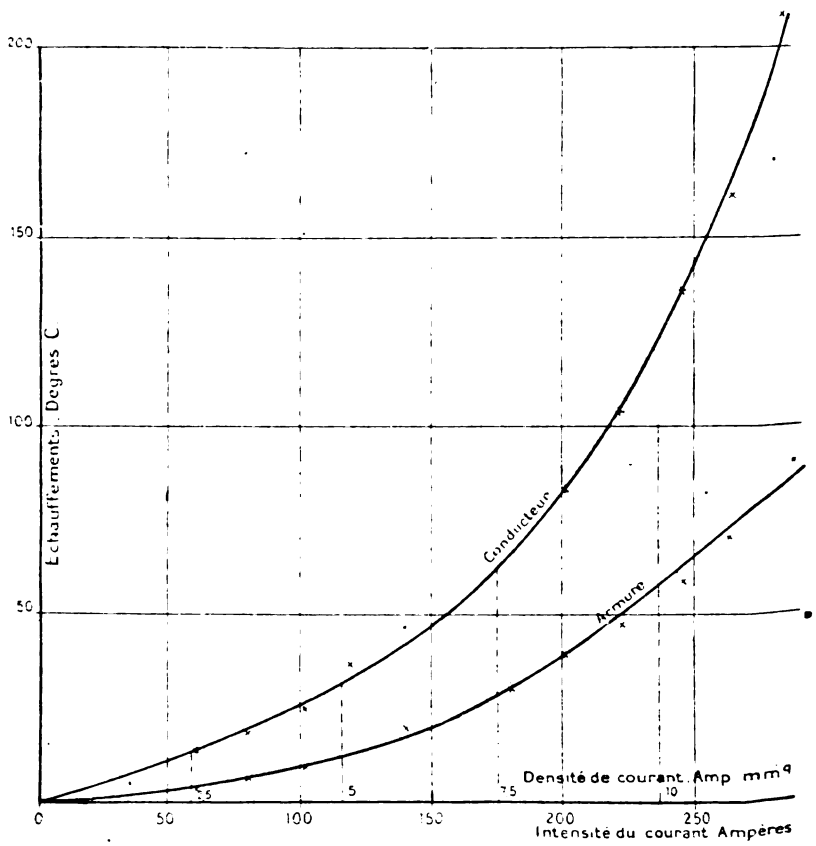
Section du conducteur, 100 mm², 8.



ÉCHAUFFEMENTS DU CÂBLE 25 SUSPENDU DANS L'AIR
sous l'influence de charges continues.

Câble isolé au caoutchouc avec armure.

Section du conducteur, $23\text{mm}^2, 5$.

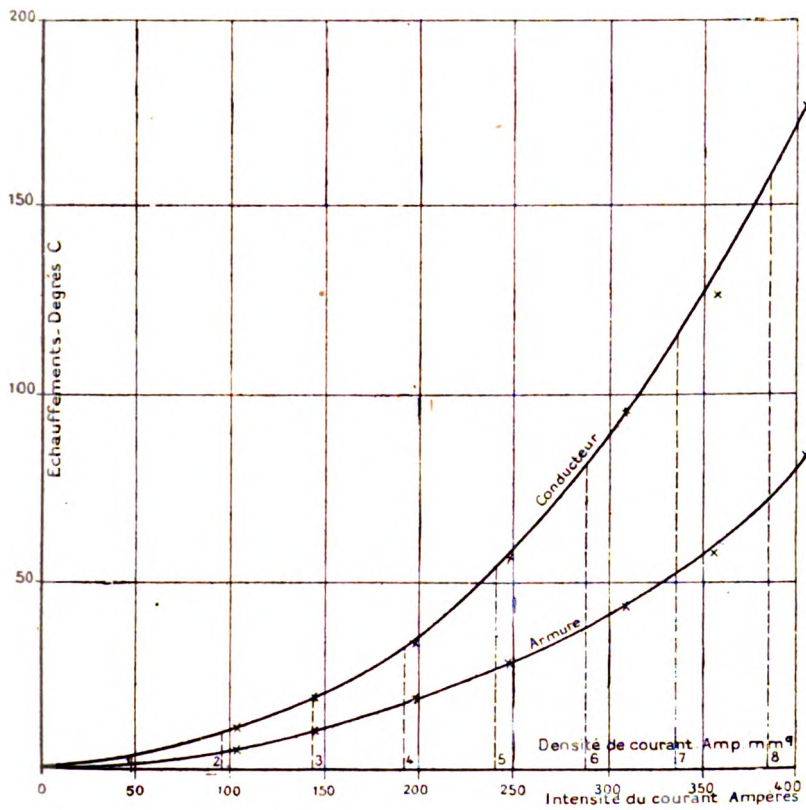


Pl. V.

ÉCHAUFFEMENTS DU CÂBLE 50 SUSPENDU DANS L'AIR
sous l'influence de charges continues.

Câble isolé au caoutchouc avec armure.

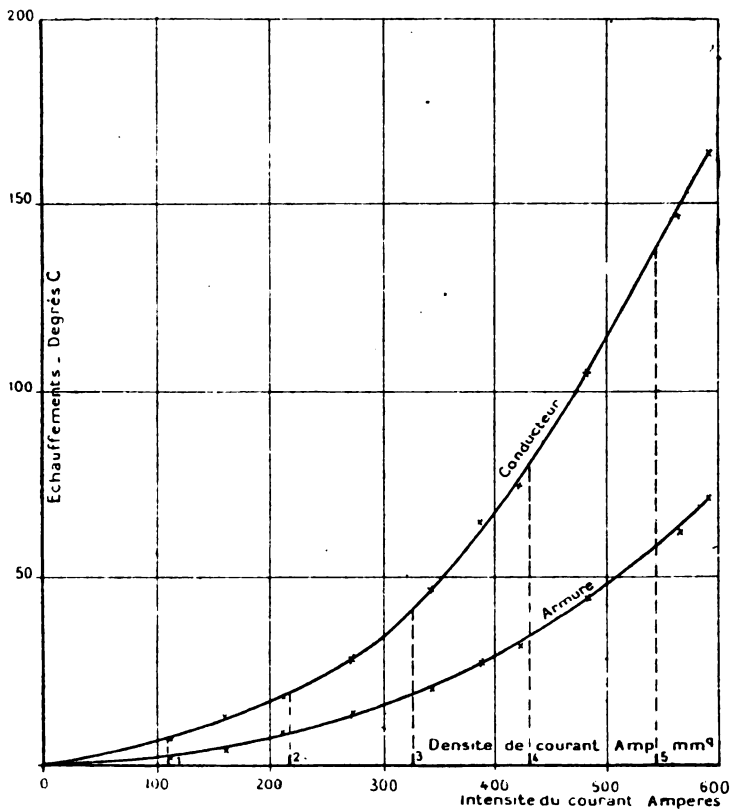
Section du conducteur, 48 mm^2 .



ECHAUFFEMENTS DU CABLE 108 SUSPENDU DANS L'AIR
sous l'influence de charges continues.

Câble isolé au caoutchouc avec armure.

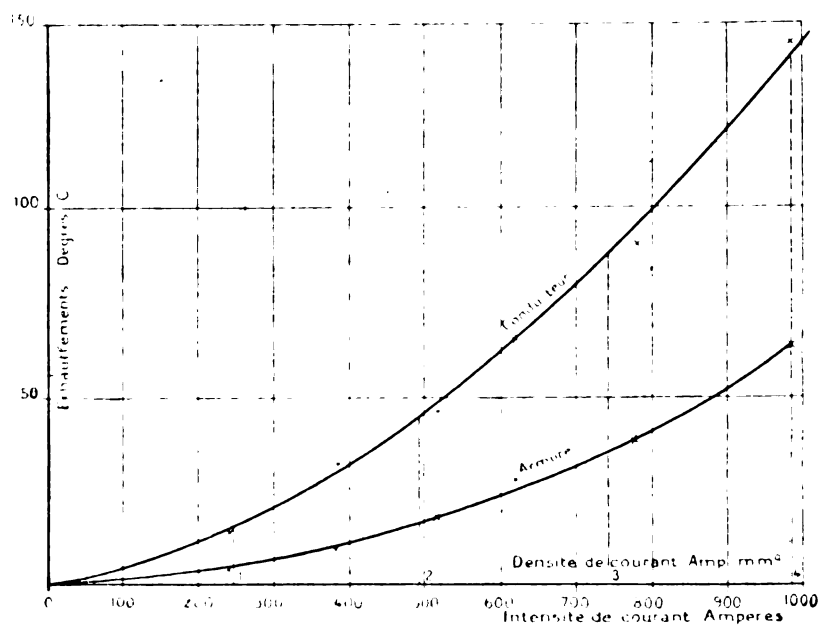
Section du conducteur, 108mm^2 .



ÉCHAUFFEMENTS DU CÂBLE 250 SUSPENDU DANS L'AIR
sous l'influence de charges continues.

Câble isolé au caoutchouc avec armure.

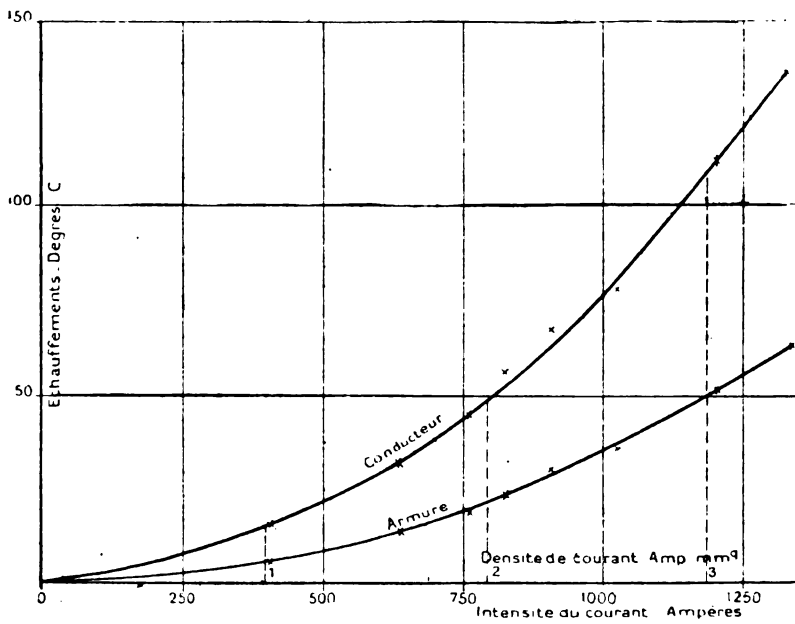
Section du conducteur, 347 mm^2 .



ÉCHAUFFEMENTS DU CÂBLE 400 SUSPENDU DANS L'AIR
sous l'influence de charges continues.

Câble isolé au caoutchouc avec armure.

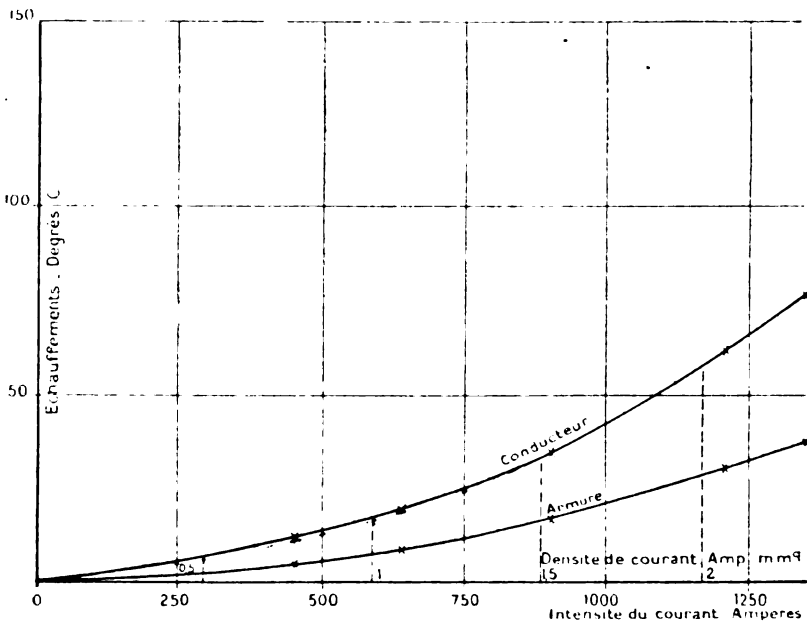
Section du conducteur, 395 mm^2 .



ECHAUFFEMENTS DU CABLE 600 SUSPENDU DANS L'AIR
sous l'influence de charges continues.

Câble isolé au caoutchouc avec armure.

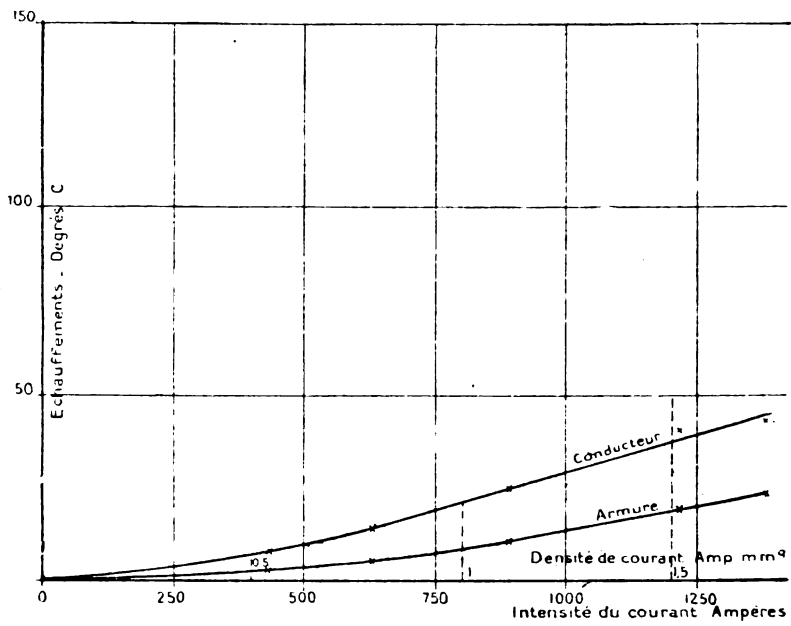
Section du conducteur, 588 mm^2 .



ECHAUFFEMENTS DU CÂBLE 800 SUSPENDU DANS L'AIR
sous l'influence de charges continues.

Câble isolé au caoutchouc avec armure.

Section du conducteur, 840 mm^2 .

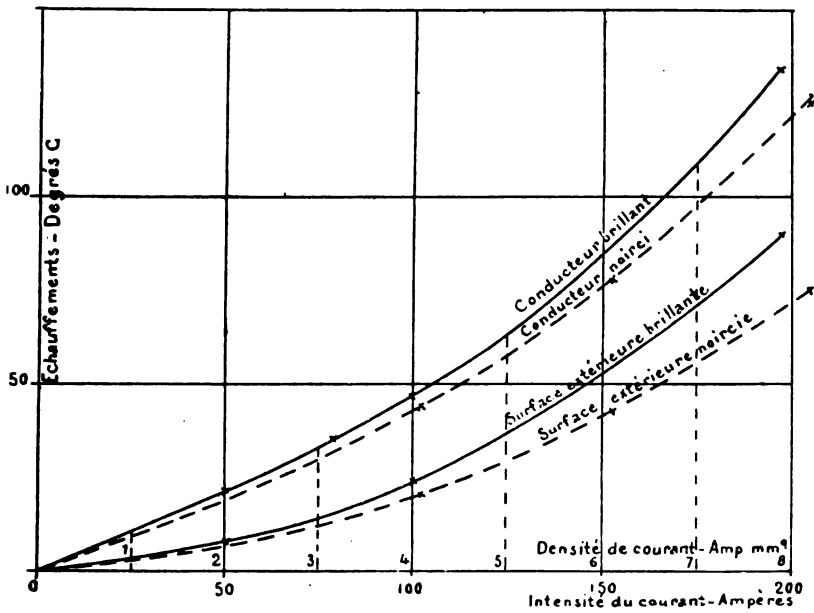


ECHAUFFEMENTS DU CÂBLE 25^e SUSPENDU DANS L'AIR
sous l'influence de charges continues.

Câble nu brillant.

Câble nu noirci.

Section du conducteur, 25 mm².

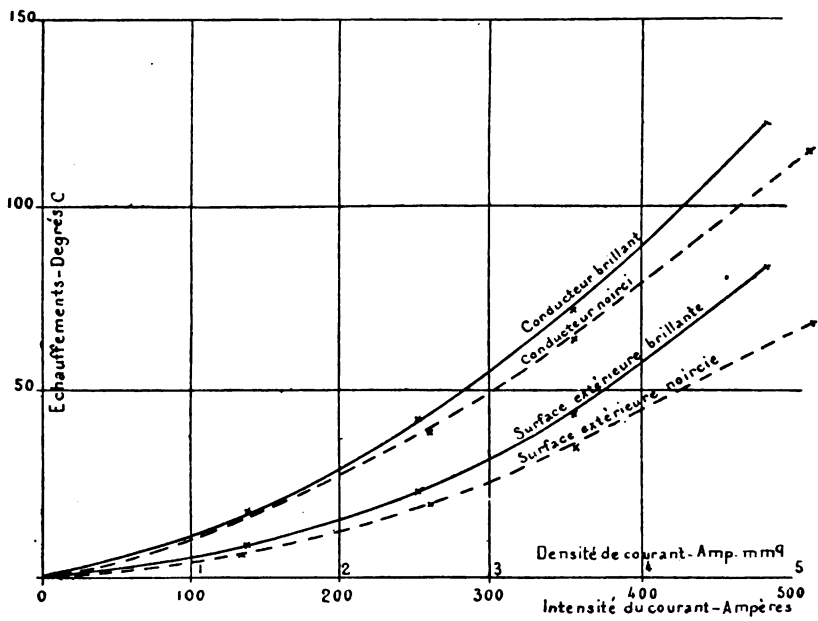


ECHAUFFEMENTS DU CÂBLE 100^{mm} SUSPENDU DANS L'AIR
sous l'influence de charges continues.

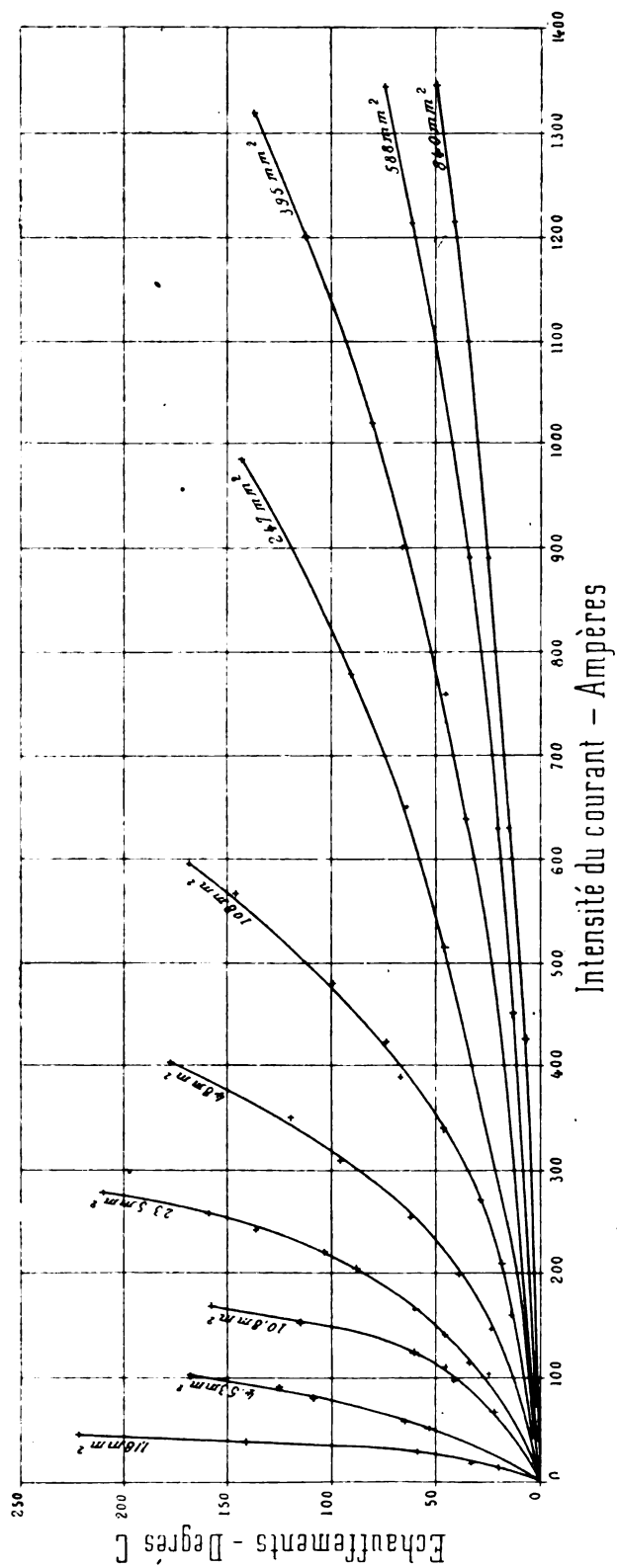
Câble nu brillant.

Câble nu noirci.

Section du conducteur, 100mm².

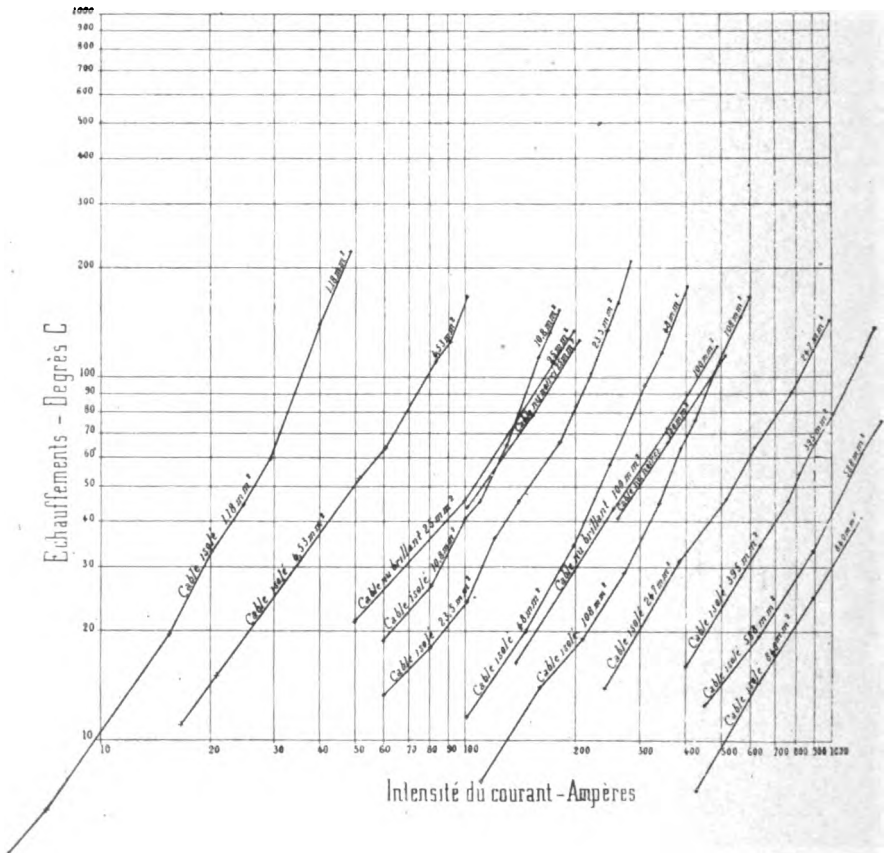


ÉCHAUFFEMENTS DES CONDUCTEURS DES CABLES
sous l'influence de charges continues.



ÉCHAUFFEMENTS DES CONDUCTEURS DES CABLES
sous l'influence de charges continues.

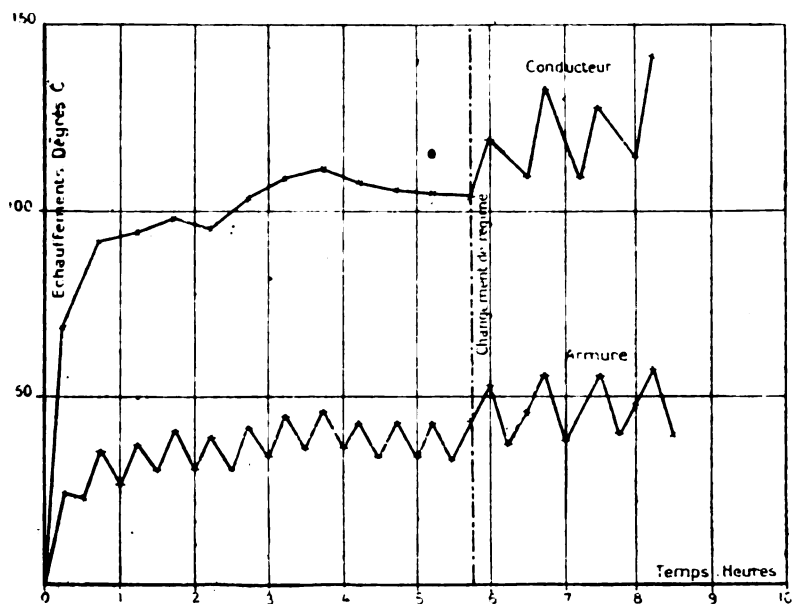
Échelles logarithmiques.



ÉCHAUFFEMENTS DU CÂBLE 108 SUSPENDU DANS L'AIR
sous l'influence de charges intermittentes.

Câble isolé au caoutchouc avec armure ($S = 108 \text{ mm}^2$).

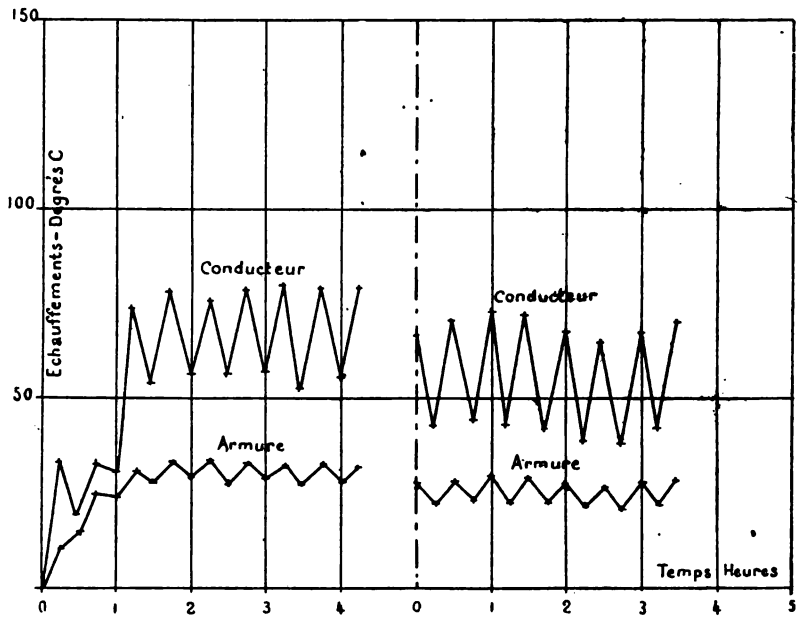
- 1° } 600 ampères environ pendant 15 minutes.
- / Zéro ampère pendant 15 minutes.
- 2° } 600 ampères environ pendant 30 minutes.
- / Zéro ampère pendant 15 minutes.



ECHAUFFEMENTS DU CABLE 108 SUSPENDU DANS L'AIR
sous l'influence de charges variables et intermittentes.

Câble isolé au caoutchouc avec armure ($S = 108\text{mm}^2$).

- 1° { 500 ampères environ pendant 15 minutes.
 { 250 ampères environ pendant 15 minutes.
2° { 500 ampères environ pendant 15 minutes.
 { 105 ampères environ pendant 15 minutes.

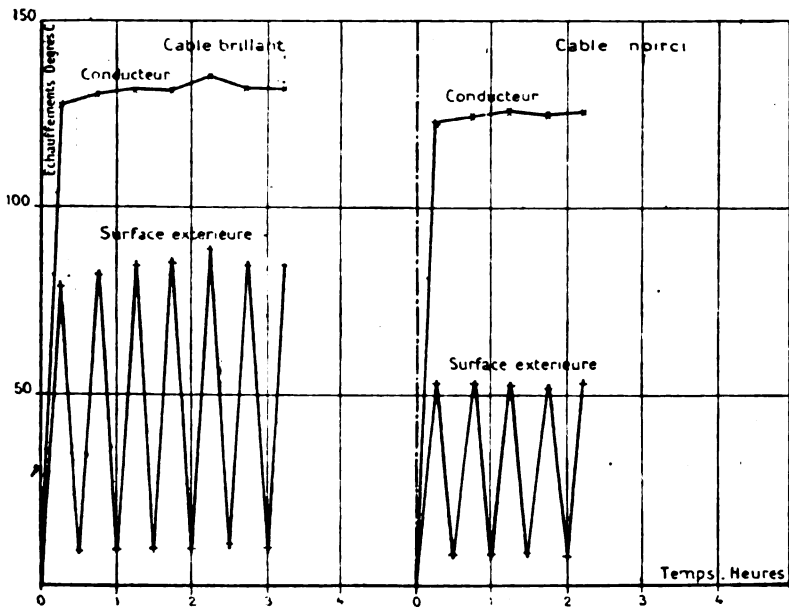


ECHAUFFEMENTS DU CÂBLE 25_n SUSPENDU DANS L'AIR
sous l'influence de charges intermittentes.

Câble nu brillant ($S = 25\text{mm}^2$).

Câble nu noirci.

- 1° Câble brillant. (200 ampères environ pendant 15 minutes.
/ Zéro ampère pendant 15 minutes.
2° Câble noirci.. Même régime.

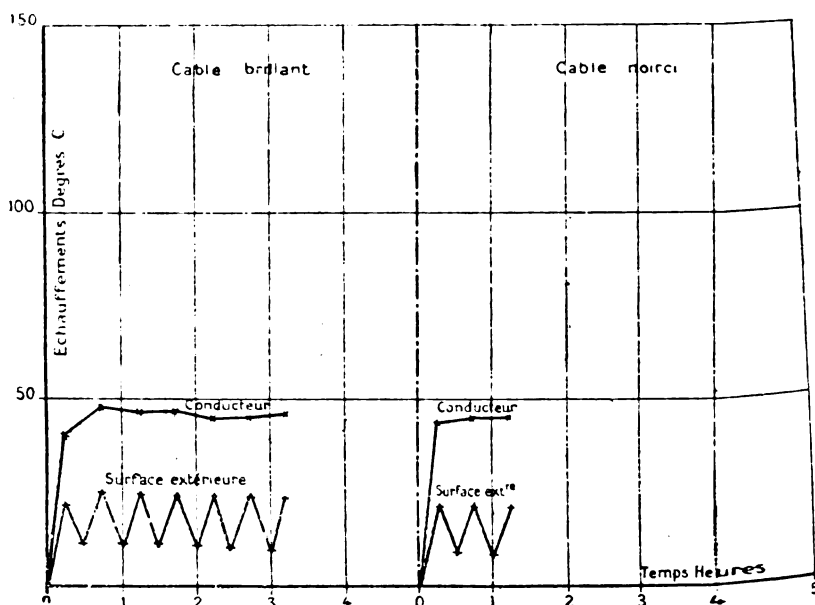


ÉCHAUFFEMENTS DU CÂBLE 100 SUSPENDU DANS L'AIR
sous l'influence de charges continues.

Câble nu brillant ($S = 100\text{mm}^2$).

Câble nu noirci.

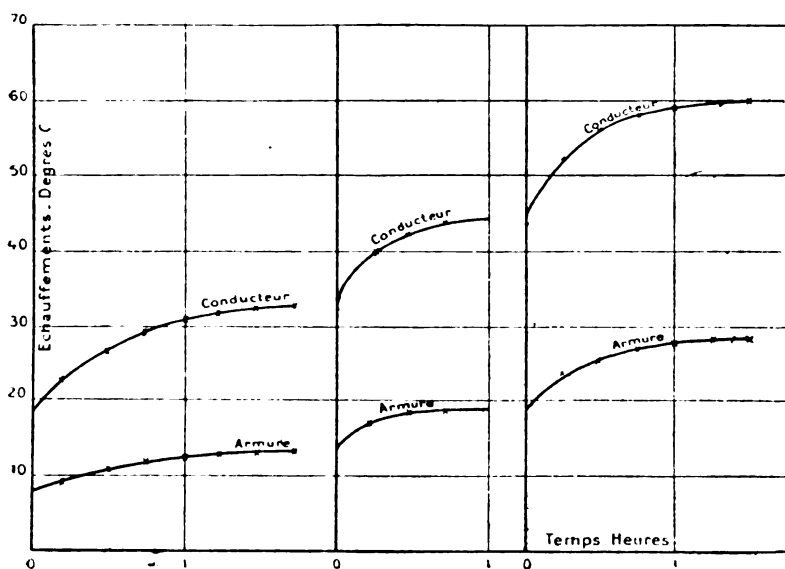
- | | |
|--------------------|---|
| 1° Câble brillant. | { 297 ampères environ pendant 15 minutes. |
| | { Zéro ampère pendant 15 minutes. |
| 2° Câble noirci .. | { 365 ampères environ pendant 15 minutes. |
| | { Zéro ampère pendant 15 minutes. |



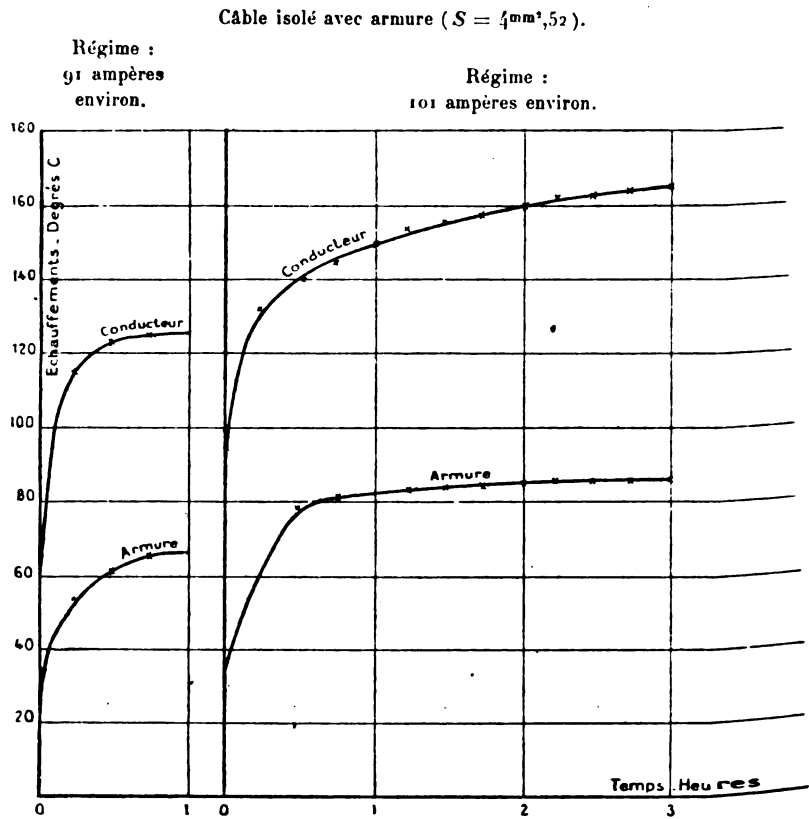
ÉCHAUFFEMENT DU CÂBLE 1 SUSPENDU DANS L'AIR.

Câble isolé avec armure ($S = 1 \text{ mm}^2, 18$).

Régime :	Régime :	Régime :
20 ampères environ.	24,7 ampères environ.	29,5 ampères environ.



ÉCHAUFFEMENT DU CÂBLE 5 SUSPENDU DANS L'AIR.



ÉCHAUFFEMENTS DU CABLE 10 SUSPENDU DANS L'AIR.

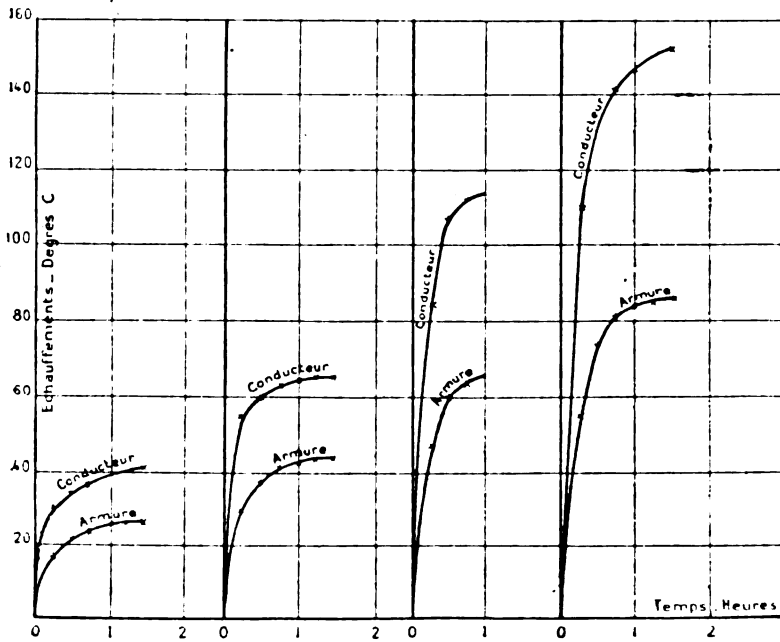
Câble isolé avec armure ($S = 10\text{mm}^2,8$).

Régime :
100 ampères
environ.

Régime :
130 ampères
environ.

Régime :
160 ampères
environ.

Régime :
180 ampères
environ.

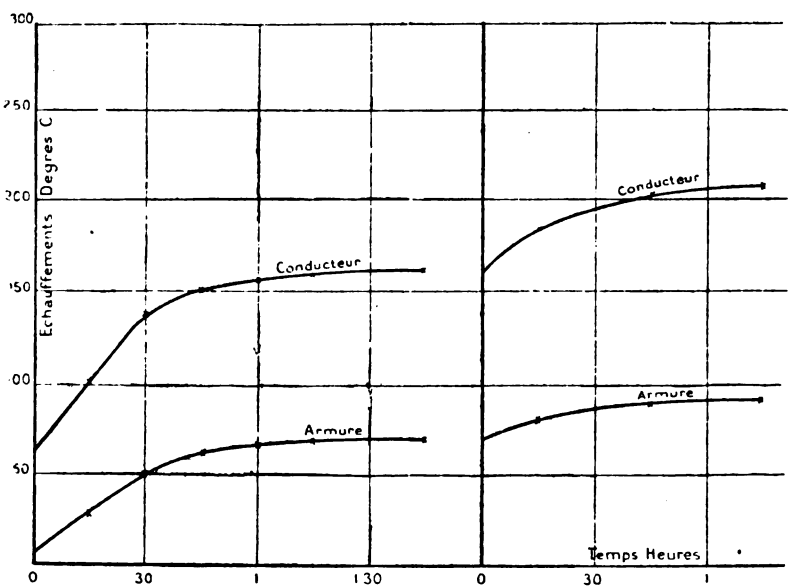


ÉCHAUFFEMENT DU CÂBLE 25 SUSPENDU DANS L'AIR.

Câble isolé avec armure ($S = 23\text{mm}^2,5$).

Régime :
262 ampères environ.

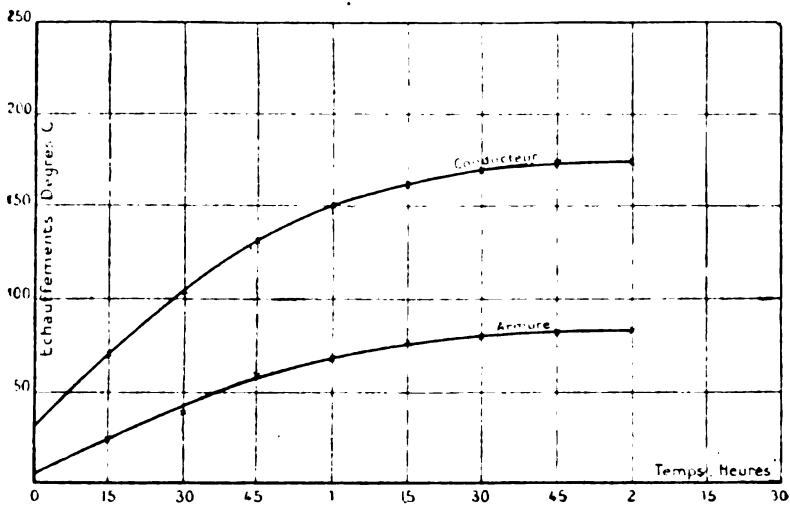
Régime :
283 ampères environ.



ÉCHAUFFEMENT DU CÂBLE 50 SUSPENDU DANS L'AIR.

Câble isolé avec armure ($S = 48\text{mm}^2$).

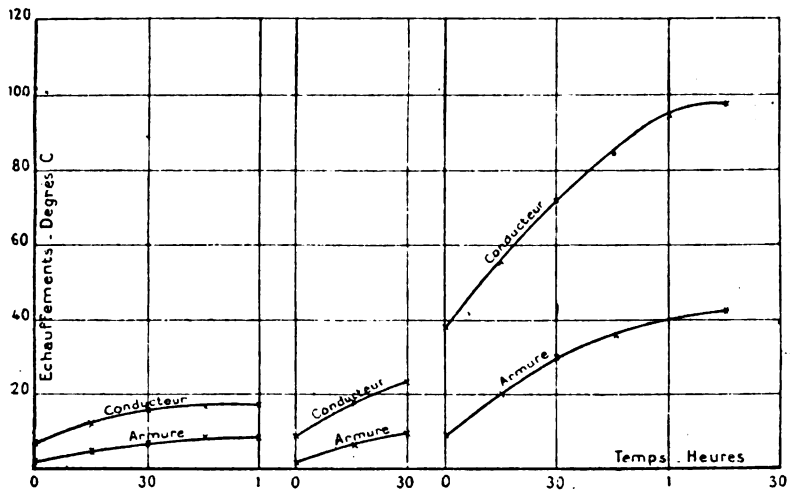
Régime : 412 ampères environ.



ÉCHAUFFEMENT DU CABLE 108 SUSPENDU DANS L'AIR.

Câble isolé avec armure ($S = 108 \text{ mm}^2$).

Régime : Régime : Régime :
218 ampères environ. 279 ampères environ. 490 ampères environ.

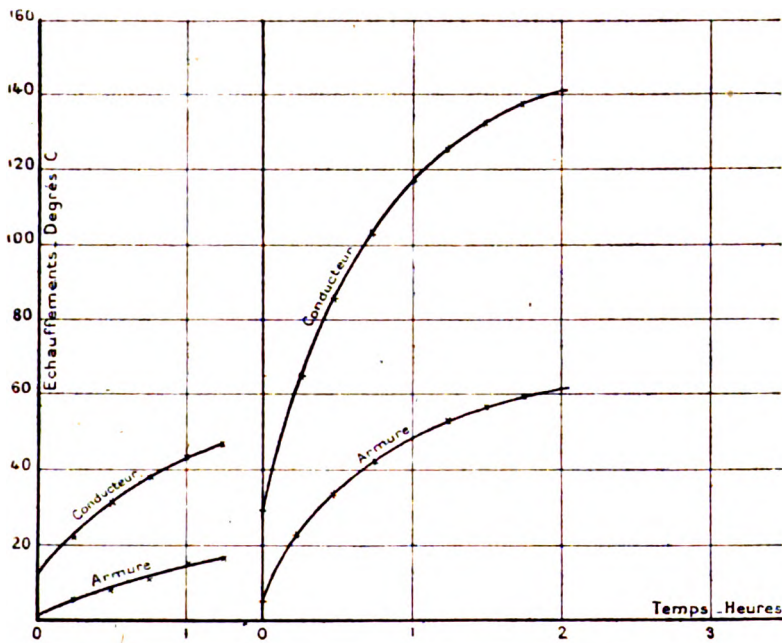


ECHAUFFEMENT DU CABLE 250 SUSPENDU DANS L'AIR.

Câble isolé avec armure ($S = 247\text{-mm}^2$).

Régime :
600 ampères environ.

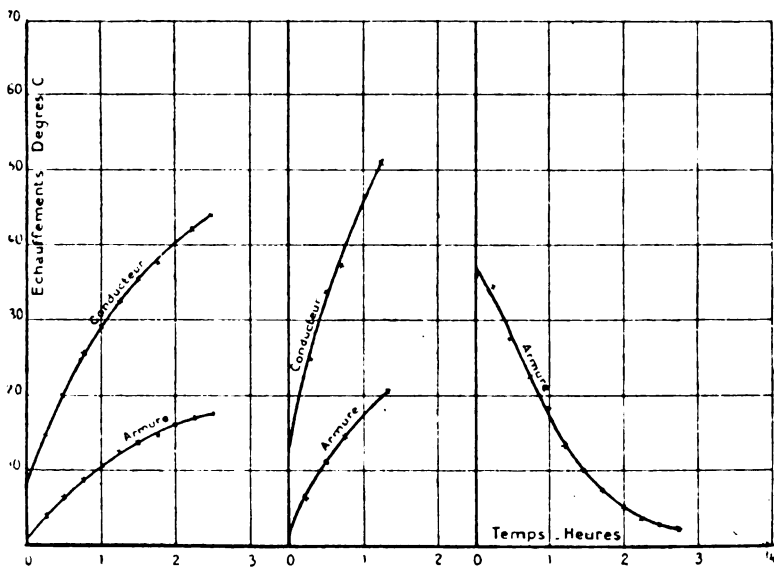
Régime :
997 ampères environ.



ÉCHAUFFEMENT DU CABLE 400 SUSPENDU DANS L'AIR.

Câble isolé avec armure ($S = 395\text{mm}^2$).

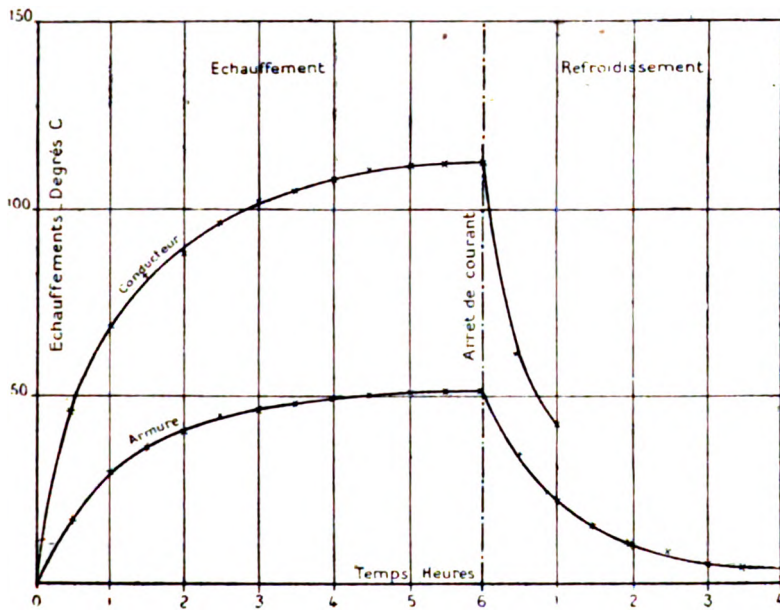
Régime : Régime : Refroidissement de l'armure
740 ampères environ. 920 ampères environ. après échauffement
par un courant de 1020 ampères.



ECHAUFFEMENT ET REFROIDISSEMENT DU CÂBLE 400 SUSPENDU DANS L'AIR.

Câble isolé avec armure ($S = 39,5 \text{ mm}^2$).

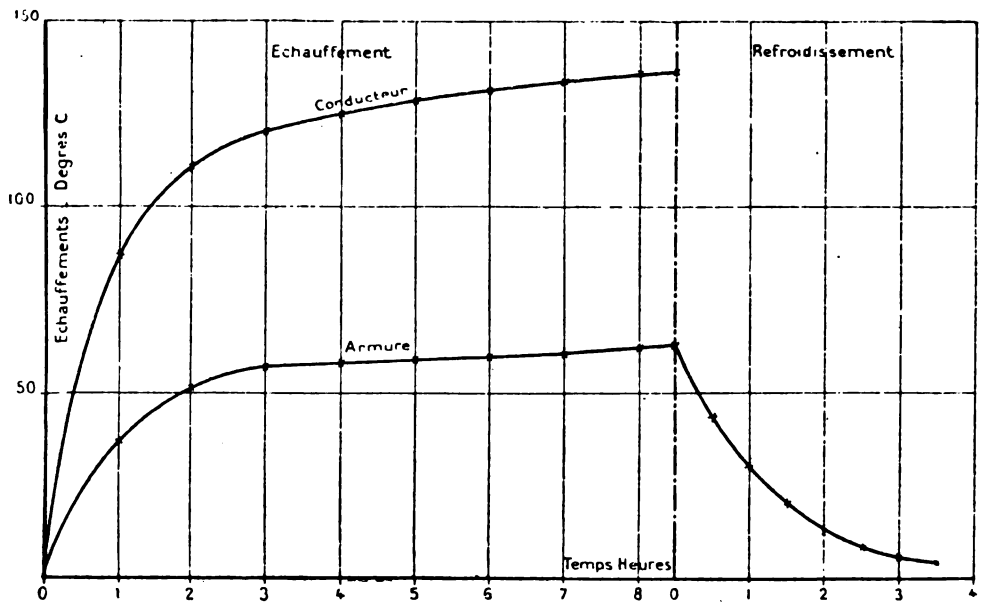
Régime : 1200 ampères environ.



ÉCHAUFFEMENT ET REFROIDISSEMENT DU CABLE 400 SUSPENDU DANS L'AIR.

Câble isolé avec armure ($S = 395\text{mm}^2$).

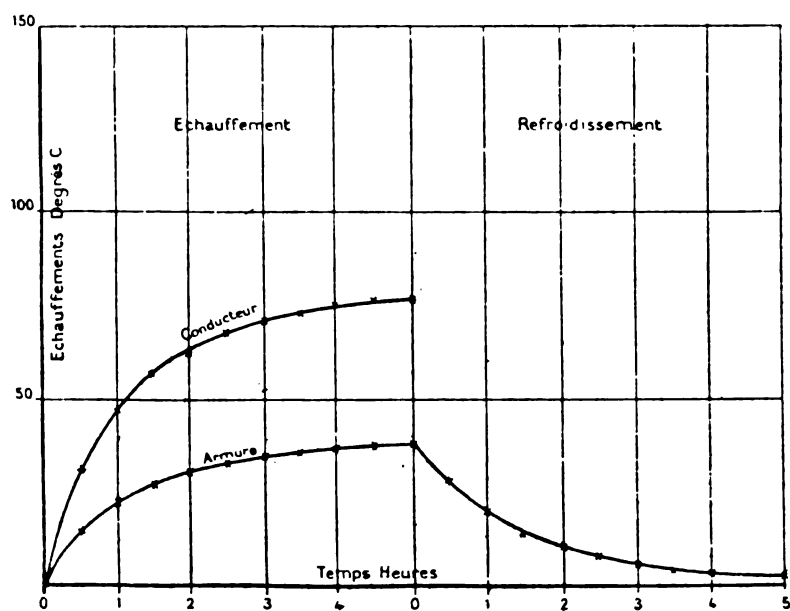
Régime : 1320 ampères environ.



ÉCHAUFFEMENT ET REFROIDISSEMENT DU CÂBLE 600 SUSPENDU DANS L'AIR.

Câble isolé avec armure ($S = 588\text{mm}^2$).

Régime : 1365 ampères environ.



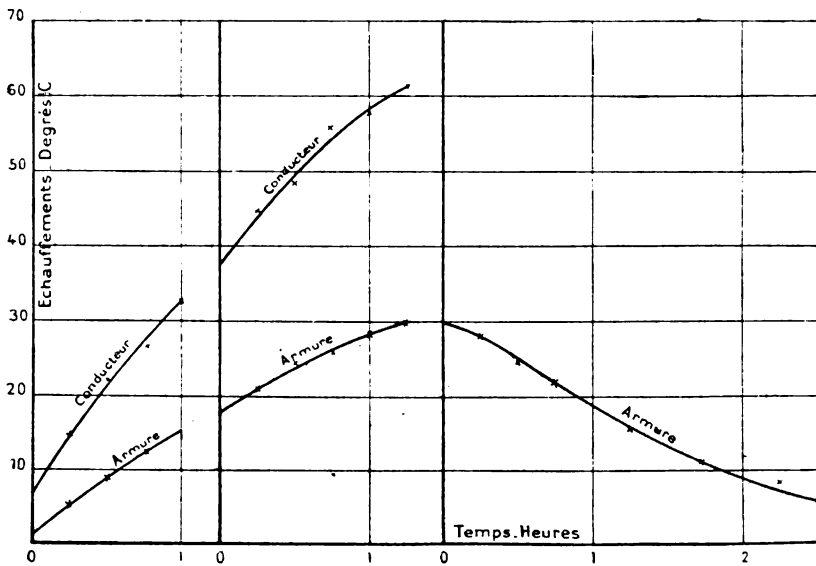
ÉCHAUFFEMENT DU CÂBLE 600 SUSPENDU DANS L'AIR.

Câble isolé avec armure ($S = 388\text{mm}^2$).

Régime :
1200 ampères
environ.

Régime :
1375 ampères
environ.

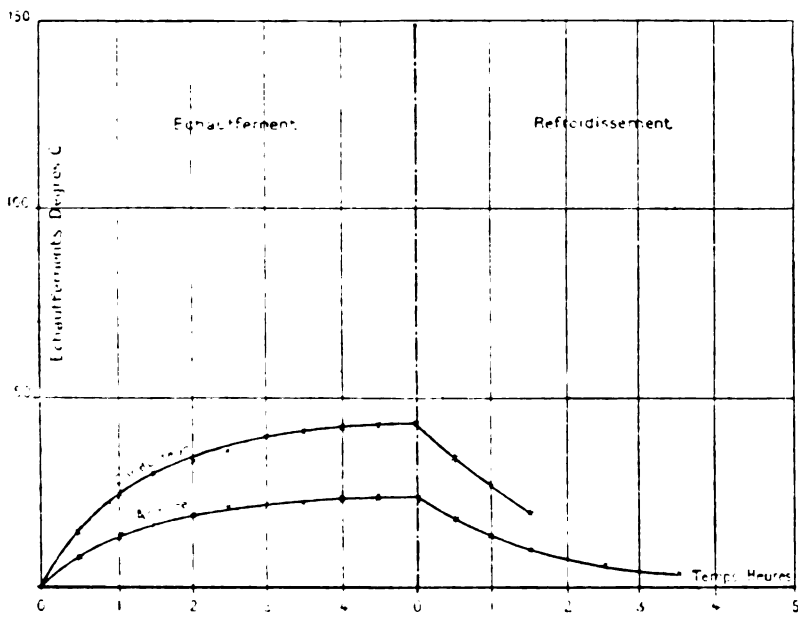
Refroidissement de l'armure.



ÉCHAUFFEMENT ET REFROIDISSEMENT DU CÂBLE 800 SUSPENDU DANS L'AIR.

Câble isolé avec armure ($S = 840\text{mm}^2$).

Régime : 1380 ampères environ.



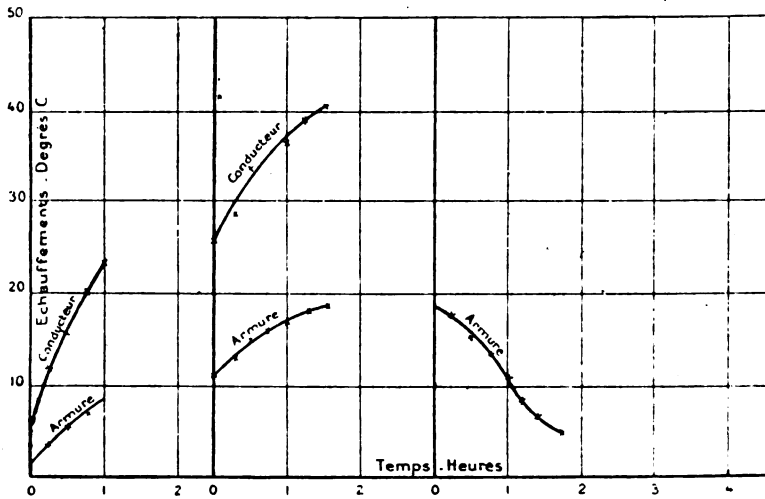
ÉCHAUFFEMENT DU CABLE 800 SUSPENDU DANS L'AIR.

Câble isolé avec armure ($S = 840\text{mm}^2$).

Régime :
1190 ampères
environ.

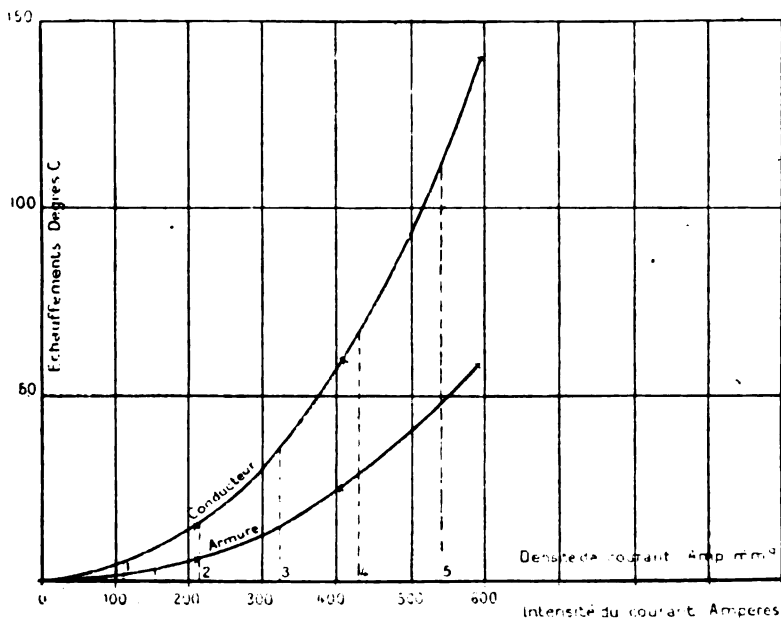
Régime :
1375 ampères
environ.

Refroidissement après échauffement
au régime de 1215 ampères.



ECHAUFFEMENTS DU CÂBLE 108 APPLIQUÉ CONTRE UNE PASSERELLE EN FER
sous l'influence de charges continues.

Câble isolé avec armure.
Section du conducteur : 108 mm².

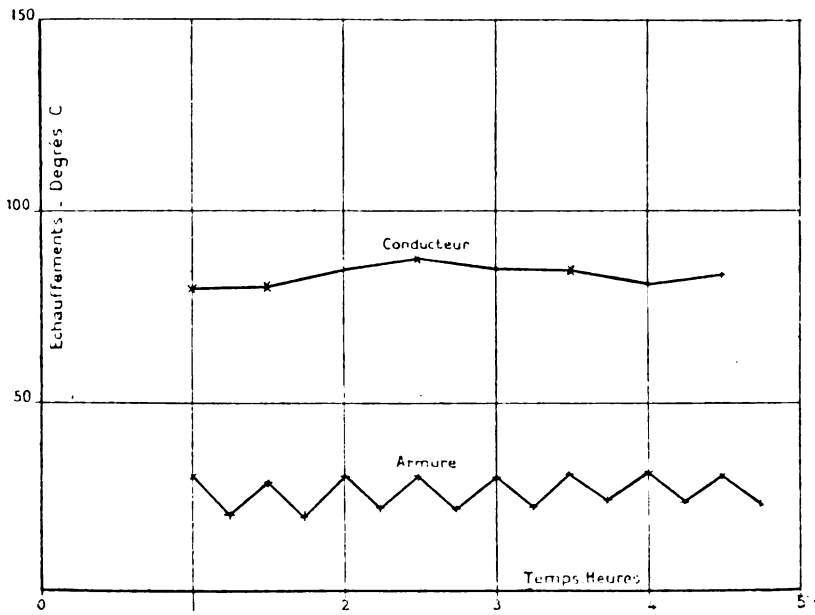


ECHAUFFEMENTS DU CÂBLE 108 APPLIQUÉ CONTRE UNE PASSERELLE
sous l'influence d'une charge intermittente.

Câble isolé avec armure ($S = 108 \text{ mm}^2$).

600 ampères environ pendant 15 minutes.

Zéro ampère pendant 15 minutes.

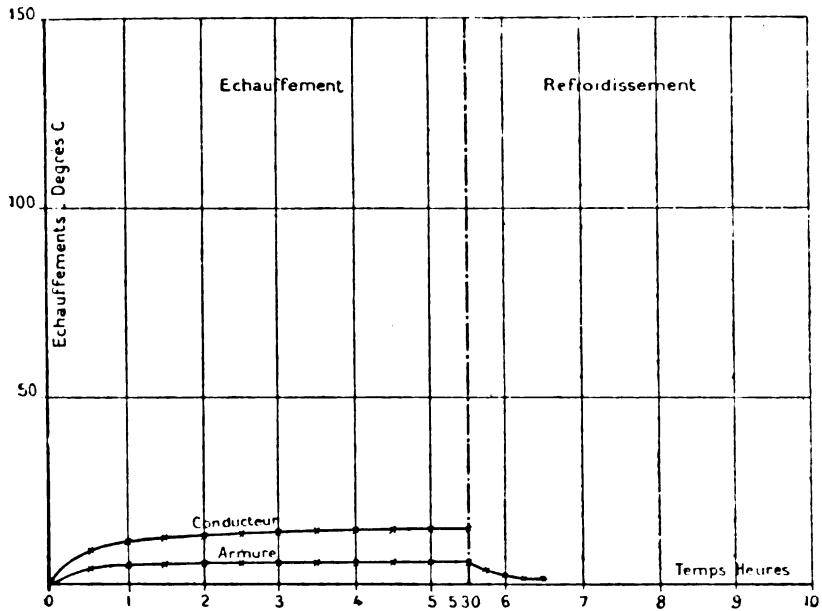


Pl. XXXV.

ÉCHAUFFEMENT ET REFROIDISSEMENT DU CÂBLE 108
APPLIQUÉ CONTRE UNE PASSERELLE EN FER
sous l'influence d'une charge intermittente.

Câble isolé avec armure ($S = 108 \text{ mm}^2$).

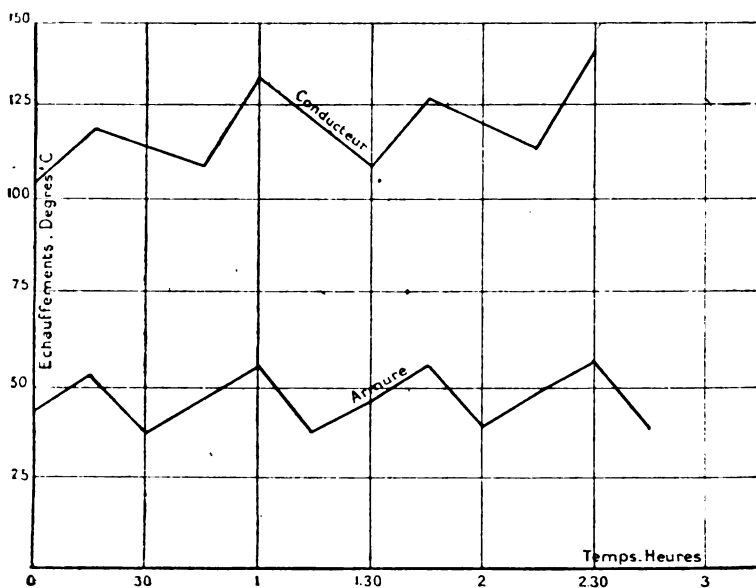
Régime : 210 ampères environ.



ECHAUFFEMENTS DU CÂBLE 108 APPLIQUÉ CONTRE UNE PASSERELLE EN FER
sous l'influence de charges intermittentes.

Câble isolé avec armure ($S = 108 \text{ mm}^2$).

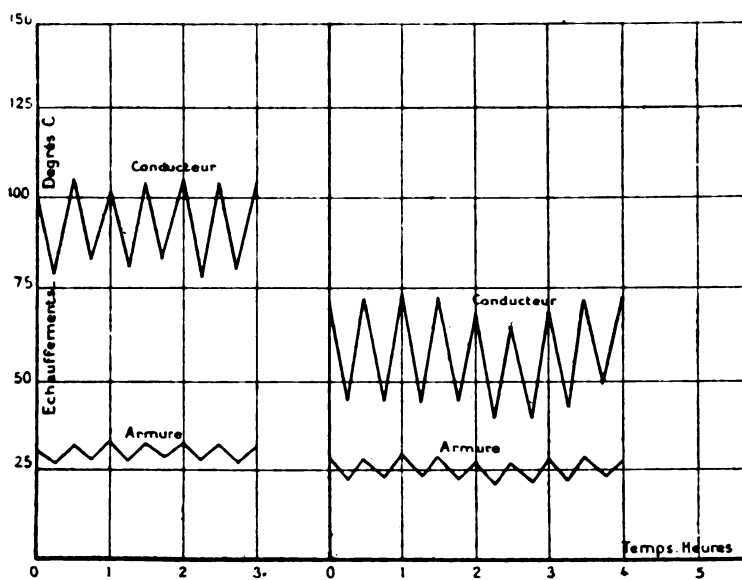
Régime { 585 ampères environ pendant 30 minutes.
 { Zéro ampère pendant 15 minutes.



ECHAUFFEMENT DU CÂBLE 108 APPLIQUÉ CONTRE UNE PASSERELLE EN FER
sous l'influence de charges intermittentes.

Câble isolé avec armure ($S = 108 \text{ mm}^2$).

Régime :	Régime :
500 à 510 ampères pendant 15 minutes.	500 à 510 ampères pendant 15 minutes.
241 à 254 ampères pendant 15 minutes.	98 à 111 ampères pendant 15 minutes.



**NOTE AU SUJET DES EXPÉRIENCES FAITES PAR LE LABORATOIRE CENTRAL
D'ÉLECTRICITÉ SUR DES CABLES ÉLECTRIQUES;**

Par M. G. MAUGAS.

« Le Mémoire par lequel le Laboratoire central d'Électricité a rendu compte des essais de câbles qui lui avaient été confiés par le Ministre de la Marine a été systématiquement limité à l'exposé des résultats obtenus : il importe qu'on analyse ces résultats, pour en tirer les conséquences pratiques qui en découlent : tel est le but de la présente Note.

» I. ESSAIS DE PLIAGE. — Afin d'apprécier la courbure maximum admissible pour les câbles armés employés à bord, on a fait des essais de rupture du diélectrique sous des forces électromotrices alternatives croissantes, d'abord pour les câbles droits, puis pour les câbles pliés sur des mandrins ayant un diamètre égal à 3, 2, 1 fois celui du câble (diamètre extérieur de l'armure), et enfin sur les câbles pliés à bloc. Les résultats obtenus sont indiqués dans le Tableau ci-dessous :

Rapport des diamètres du mandrin et du câble (armure).	Tensions de percement (volts efficaces) pour les sections de câble de			
	1, 18 mm ² .	10, 46 mm ² .	49, 11 mm ² .	107, 79 mm ² .
∞ (câble droit).....	6 300	16 000	29 000	21 000
3.....	7 500	> 18 500	> 30 000	> 10 500
2.....	5 300	> 16 600	> 31 700	> 20 000
1.....	7 420	> 17 100	> 31 000	> 7 100
0 (pliage à bloc).....	6 980	17 800	23 600	> 17 800

» Les chiffres de ce Tableau qui sont précédés du signe > indiquent que le percement s'est produit en dehors de la portion du câble qui avait subi le pliage.

» Les résultats obtenus montrent que le pliage, même sous un très faible rayon de courbure, ne paraît pas altérer l'isolant des câbles neufs, mais nous verrons plus loin qu'il n'en est plus ainsi pour des câbles ayant subi des échauffements assez sensibles, et du

reste, rien ne prouve qu'à la longue l'isolant du câble plié trop court ne s'altère pas par une sorte de filage des fibres soumis à la tension. Quoi qu'il en soit, il semble qu'on peut conserver sans inconvénient la règle inscrite dans l'Instruction sur les installations électriques de bord, qui impose pour les coudes un rayon intérieur égal au moins à cinq fois le diamètre extérieur du câble.

» II. ACTION DE LA TEMPÉRATURE SUR L'ISOLANT. — Une série de câbles ayant été maintenus à 100° pendant 170 heures, l'essai de rupture du diélectrique n'a pas montré d'affaiblissement : tous les câbles ont résisté à 7000 volts au moins. Mais, lorsqu'on a plié les câbles en question, on a constaté que le caoutchouc se déchirait, la déchirure augmentant progressivement, et la rupture de l'isolant de certains câbles ainsi pliés s'est produite dès la tension de 150 à 200 volts.

» Il est donc établi qu'une température de 100° maintenue pendant 170 heures détériore gravement les câbles.

» On a examiné ensuite l'action de la température sur l'isolement mesuré sous 150 volts.

» Un câble de 1,18 mm², qui avait donné 3500 mégohms par kilomètre avant chauffage, a donné 12 000 mégohms après chauffage à 55° pendant 1000 heures.

» Après 12 jours de repos, ce câble de 1,18 mm² a été soumis à l'étuve avec un câble de 10,46 mm² non encore chauffé : l'isolement de ces deux câbles, égal respectivement à 4300 et 9000 mégohms avant le chauffage, a été trouvé égal à 4600 et 6900 mégohms après un chauffage de 170 heures à 75°.

» Bien que les expériences en question, d'une exécution d'ailleurs très longue, ne soient pas très nombreuses, il semble qu'on puisse en tirer les conclusions ci-après :

» Sur la foi d'expériences faites par Mauritius (voir une Note insérée au *Mémorial du Génie maritime*, fasc. IX, 1909), on a admis dans l'Instruction précitée qu'il convenait de ne pas dépasser 50° pour les canalisations chargées en permanence. Mais il faut observer que les échauffements admis sont comptés à partir d'une température ambiante qui correspond à une température atmosphérique de 35°, or cette dernière température ne se rencontre guère que quelques jours par an. Si donc on tient compte des expériences

à 55° et à 75° relatées ci-dessus, on est conduit à admettre une température de 60° pour les câbles à débit permanent, dans les conditions qui viennent d'être énoncées.

» De même, l'Instruction précitée admet 60° pour les câbles à fonctionnement intermittent (artillerie, projecteurs, canalisations principales) et 75° pour les charges accidentelles (canalisations principales en cas d'avarie d'un bord). Les résultats des expériences faites à 75° conduisent à penser qu'on peut sans inconvénient admettre cette température pour tous les câbles à fonctionnement intermittent (artillerie, projecteurs) et pour ceux qui ne subissent la charge maxima que dans des circonstances exceptionnelles (câbles principaux). Ces valeurs sont d'autant plus admissibles que le calcul des intensités à prévoir est toujours fait dans les conditions les plus défavorables, lesquelles ne se présenteront que très rarement en pratique, et que les Tableaux des intensités admises sont calculés (*voir* plus loin) en supposant les câbles suspendus en l'air, alors que l'action des parois sur lesquelles ils sont fixés a pour effet de réduire leur température.

» III. ESSAIS D'ÉCHAUFFEMENT. — Dans une troisième série d'essais, on a déterminé l'échauffement des divers câbles, en régime permanent, pour des valeurs croissantes de l'intensité.

» Signalons tout d'abord que, conformément aux résultats des expériences allemandes rappelées dans la Note précitée du *Mémorial*, il résulte des expériences du Laboratoire que les câbles isolés ont, à section et intensité égales, une température de régime moindre que les câbles nus. Cela n'est d'ailleurs pas contradictoire avec l'opinion généralement admise que les câbles nus peuvent porter plus de courant que les câbles isolés : un câble pourrait, en effet, subir une température de régime de plusieurs centaines de degrés, alors que, pour les câbles isolés au caoutchouc, on ne saurait, d'après ce qui précède, songer à atteindre 100°. D'ailleurs, on sait que dans le cas des câbles nus (canalisations aériennes) la densité de courant admissible n'est pas déterminée par la considération de l'échauffement, mais bien par celle de l'économie.

» De même, les essais du Laboratoire ont montré qu'un câble nu brillant s'échauffe plus qu'un câble noirci. Cela n'a rien qui puisse surprendre.

» Les essais ont également montré qu'un câble appuyé contre une paroi métallique à la température ambiante s'échauffait moins qu'un câble suspendu dans l'air. Ce résultat est également conforme à l'opinion qu'on pouvait avoir à priori. Mais il paraît difficile de tenir compte dans les applications pratiques de la réduction d'échauffement due aux parois. Bien que cette réduction puisse atteindre jusqu'à la proportion très importante de 20 pour 100, nous ne ferons état dans les propositions qui suivent, au sujet du calcul des câbles, que des échauffements constatés sur des câbles suspendus dans l'air.

» Les résultats obtenus sur les câbles suspendus dans l'air peuvent être comparés avec les chiffres déduits des expériences allemandes et adoptés provisoirement dans l'Instruction sur les installations électriques de bord (annexe E), à l'aide des courbes de la planche (*fig. 2*) jointe à la présente Note. Ces courbes, tracées pour des échauffements de 10° et 35°, montrent qu'on peut dépasser les intensités actuellement admises pour les câbles de faible section (jusqu'à 100 mm² ou 200 mm² suivant le cas), mais qu'au contraire il y a lieu de réduire les intensités admises pour les gros câbles.

» Tenant compte de la considération d'inertie calorifique qui sera développée plus loin, il paraît prudent de ne pas exagérer la densité de courant dans les câbles de faible section. Aussi semble-t-il prudent de s'en rapporter, pour le calcul des intensités admissibles en fonction de l'échauffement, aux indications des courbes telles que (3) et (3') (planche, *fig. 2*) obtenues en raccordant la courbe des essais du Laboratoire pour les fortes sections avec la courbe du règlement provisoire, pour les faibles intensités.

» C'est en traçant pour chaque valeur de l'échauffement des valeurs telles que (3) et (3') qu'on a établi le Tableau joint à la présente Note, qui donne pour chaque valeur de l'échauffement du conducteur l'intensité admissible dans un câble de section donnée.

» Les essais du Laboratoire ont mis en lumière un fait très important pour les installations électriques de bord, à savoir que les câbles isolés n'atteignent leur température de régime qu'assez lentement, grâce à l'inertie calorifique assez élevée de l'ensemble du conducteur, de l'isolant et de l'armure. L'inertie calorifique d'un câble nu, d'après les expériences, est beaucoup moindre que celle d'un câble isolé.

» Il est très facile de déterminer, pour un câble nu constitué par un fil unique et circulaire (*voir* la Note annexe), la loi de l'échauffement du câble en fonction du temps.

» Si l'on désigne par :

θ la température du câble, un temps t après l'application du courant ;

θ_0 la température initiale du câble ;

T sa température de régime ;

c le coefficient de transmission de la surface du câble ;

α la chaleur spécifique du câble ;

D son diamètre,

on a

$$(1) \quad \theta = T - (T - \theta_0)e^{-\frac{4c}{D\alpha}t}.$$

» Il est facile de voir que, d'après les expériences, cette loi s'ap-

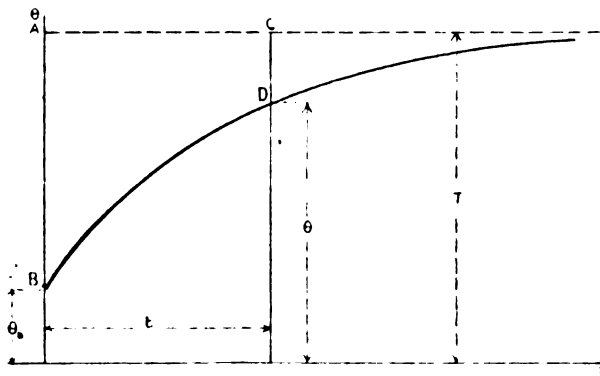


Fig. 1.

plique d'une manière très suffisante au cas d'un câble à plusieurs fils isolé et armé.

Pour cela, traçons la courbe des températures en fonction du temps.

» De l'expression (1) on tire

$$T - \theta_0 = (T - \theta)e^{+\frac{4c}{D\alpha}t},$$

c'est-à-dire

$$\frac{AB}{CD} = e^{-\frac{4c}{D\alpha}t}$$

ou

$$\log \frac{AB}{CD} = 0,434 \times \frac{4c}{D\alpha}t$$

ou

$$D \log \frac{AB}{CD} = 0,434 \times \frac{4c}{\alpha} t.$$

» Laissons de côté les essais sur les câbles de faible section armés d'une gaine de plomb ou de fils d'acier dont l'inertie calorifique n'a pas de conséquences pratiques, et déterminons la valeur de l'expression $D \log \frac{AB}{CD}$ pour les câbles armés de feuillards, qui ont été soumis aux essais, et pour un temps $t = 15$ minutes. On a le Tableau suivant :

Section du câble en mm ² .	Diamètre du câble en mm.	AB en degrés.	CD en degrés.	$\frac{AB}{CD}$.	$\text{Log } \frac{AB}{CD}$.	$D \log \frac{AB}{CD}$.	$\text{Log } \frac{AB}{CD}$ (rectifié).	$\frac{AB}{CD}$ (rectifié).
108	13,7	13,0	7,3	1,78	0,2504	3,42	0,22	1,66
		22,0	13,0	1,69	0,2279	3,13		
		69,5	52,0	1,34	0,1271	1,74		
247	23	44,0	34,0	1,30	0,1139	2,62	0,131	1,35
		116,0	80,0	1,45	0,1614	3,70		
395	27	35,0	29,3	1,19	0,0755	2,19	0,104	1,27
		54,5	42,7	1,28	0,1072	3,10		
588	36	53,2	45,7	1,17	0,0682	2,46	0,094	1,24
		23,4	16,8	1,39	0,1430	5,12		
840	42	34,1	29,3	1,16	0,0645	2,70	0,0715	1,28
		17,8	15,2	1,18	0,0719	3,01		
MOYENNE = 3.01								

» On voit qu'en remplaçant les valeurs de $D \log \frac{AB}{CD}$ déduites de l'expérience par leur moyenne 3,01 et en remontant, avec cette valeur moyenne, à la valeur de $\log \frac{AB}{CD}$, puis à celle de $\frac{AB}{CD}$, on trouve pour chaque diamètre de câble une valeur comprise entre les extrêmes fournis par l'expérience.

» L'application de la formule théorique au cas des câbles armés paraît donc légitime, et nous pouvons par suite calculer pour tous les câbles réglementaires, avec la valeur de $\frac{c}{\alpha}$ déduite de l'expérience, le rapport φ de l'échauffement réel, au bout d'un temps donné, à l'échauffement en régime permanent, c'est-à-dire le rapport $\frac{\vartheta - \vartheta_0}{T - \vartheta_0}$. On a en effet :

$$\vartheta - \vartheta_0 = (T - \vartheta_0) - (T - \vartheta) = (T - \vartheta_0) \left(1 - \frac{T - \vartheta}{T - \vartheta_0} \right),$$

ou

$$\vartheta - \vartheta_0 = (T - \vartheta_0) \left(1 - \frac{CD}{AB} \right),$$

ou

$$\rho = 1 - \frac{CD}{AB}.$$

» Pour les câbles dont la durée de travail n'est pas supérieure à t , on pourra admettre une température de régime majorée dans le rapport $\frac{1}{\rho}$, puisque ces câbles n'atteindront jamais qu'une fraction ρ de leur échauffement de régime. Tel est le cas des canalisations des appareils d'artillerie, de celles des treuils d'embarcations, des canalisations principales. Pour tous ces circuits, on est en droit d'admettre qu'ils ne fonctionneront pas de manière continue plus d'une heure. En ce qui concerne les câbles principaux, il faut d'ailleurs considérer qu'au début du combat ils ne seront pas à la température ambiante. On se mettra dans des conditions très satisfaisantes en admettant qu'avant le combat ils sont à 60° , température admise pour les câbles à fonctionnement continu (il est, du reste, nécessaire qu'ils ne dépassent pas cette température en service courant, et l'on devra s'en assurer lors de l'établissement des canalisations).

» La majoration dans le rapport $\frac{1}{\rho}$ ne doit donc porter que sur la différence entre la température admise au bout d'une heure (75°) et la température avant le combat, supposée de 60° , c'est-à-dire sur 15° . Même dans ces conditions très prudentes d'application, le Tableau ci-après montre qu'on peut admettre pour toutes les canalisations en question des majorations de températures de régime assez importantes dès qu'il s'agit de fortes sections.

» On remarquera, ainsi qu'il avait été indiqué plus haut, que l'inertie n'a pas d'effet utile, dans les conditions de sécurité admises, pour les câbles de section inférieure à 200 mm^2 ; il en est de même, à fortiori, pour les câbles de plus faible section, armés de fils ou de plomb, dont l'inertie est, d'ailleurs, relativement moins grande.

LÉGENDE.

- Courbe (1) ———— Échauffement de 35° (chiffres de l'annexe E).
 Courbe (2) ———— Échauffement de 35° (essais du laboratoire).
 Courbe (3) ———— Échauffement de 35° (valeurs admises).
 Courbe (1') ———— Échauffement de 10° (chiffres de l'annexe E).
 Courbe (2') ———— Échauffement de 10° (essais du laboratoire).
 Courbe (3') ———— Échauffement de 10° (valeurs admises).

Nota. — Les points des courbes 3 et 3' compris entre 800 et 1200 mm ont été obtenus par extrapolation.

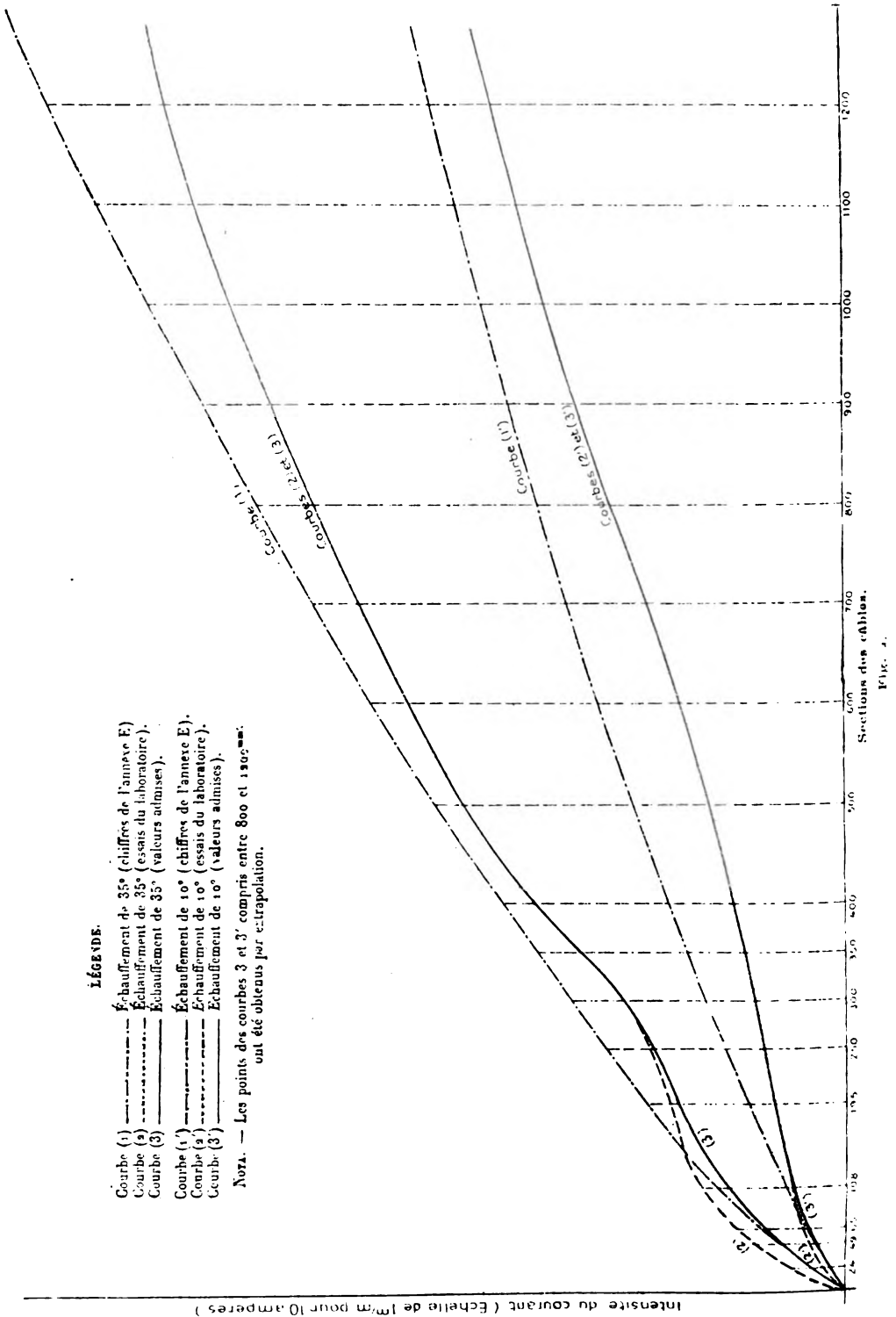


Fig. 2.

Section du câble	Diamètre du câble						Majoration en degrés	
		en mm.	$\text{Log } \frac{AB}{CD}$	$\frac{AB}{CD}$	$\frac{CD}{AB}$	$\varphi = 1 - \frac{CD}{AB}$	$\frac{1}{\varphi}$	cal- culée.
65	10,5	1,14	13,8	0,072	0,928	1,07	1,05	0
86	12,1	0,99	9,80	0,102	0,893	1,11	1,65	0
108	13,5	0,89	7,80	0,128	0,872	1,14	2,10	0
144	15,6	0,77	5,90	0,170	0,830	1,20	3,00	0
195	18,2	0,66	4,58	0,218	0,782	1,27	4,05	0
250	22,5	0,535	3,43	0,290	0,710	1,40	6,00	5
300	27,0	0,445	2,79	0,358	0,642	1,55	8,20	5
350	28,0	0,43	2,70	0,370	0,630	1,58	8,7	5
400	30,0	0,40	2,52	0,395	0,605	1,65	9,7	5
500	32,5	0,37	2,34	0,425	0,575	1,74	11,1	10
600	36,0	0,335	2,16	0,463	0,537	1,86	12,9	10
700	40,0	0,30	1,99	0,500	0,500	2,00	15,0	10
800	42,5	0,283	1,92	0,520	0,480	2,08	16,2	15
900	43,5	0,275	1,88	0,530	0,470	2,12	16,8	15
1000	47,0	0,255	1,80	0,550	0,450	2,21	18,1	15
1100	49,0	0,245	1,76	0,570	0,430	2,32	19,8	15
1200	51,0	0,235	1,72	0,580	0,420	2,37	20,5	20

» Pour apprécier l'importance du phénomène de l'inertie, il suffira de signaler qu'une augmentation de 20° de l'échauffement, pour un câble de 1200 mm², correspond à une surcharge possible de 540 ampères environ, dans les limites ordinaires de température.

» On peut dire, pour résumer, que l'inconvénient, au point de vue de la température de régime, de la réduction de la surface périphérique en fonction de la masse du câble, lorsqu'on accroît la section, est compensé dans une certaine proportion, pour les câbles à fonctionnement intermittent, par l'accroissement de l'inertie calorifique.

NOTE ANNEXE.

ÉCHAUFFEMENT D'UN CÂBLE EN FONCTION DU TEMPS.

» Considérons un câble nu, de diamètre D , suspendu dans l'air, et dans lequel on lance un courant d'intensité I . Désignons par :

Θ la température ambiante ;

θ la température du câble, un temps t après l'établissement du courant ;

- θ_0 la température initiale du câble ;
 T sa température de régime ;
 c le coefficient de transmission de la surface de séparation du
câble et de l'air ;
 α la chaleur spécifique du câble ;
 l sa longueur ;
 S sa section ;
 r sa résistance unitaire ;
 γ sa conductibilité.

» Pendant un intervalle dt , le câble reçoit une quantité de chaleur égale à

$$r I^2 dt = \frac{l}{\gamma S} I^2 dt.$$

» La chaleur transmise à l'air ambiant pendant le même temps a pour expression

$$\pi D l c (\theta - \Theta) dt.$$

» La chaleur absorbée par le câble est

$$\alpha S l d\theta.$$

» On a, par suite, la relation

$$\alpha S l d\theta = \frac{l}{\gamma S} I^2 dt - \pi D l c (\theta - \Theta) dt;$$

ou, en remplaçant D par sa valeur $\sqrt{\frac{4S}{\pi}}$,

$$(1) \quad \alpha S \frac{d\theta}{dt} = \frac{I^2}{\gamma S} - c \sqrt{4\pi S} (\theta - \Theta).$$

» Lorsque le régime permanent est établi, on a

$$(1') \quad \frac{I^2}{\gamma S} = c \sqrt{4\pi S} (T - \Theta).$$

» Par suite, l'expression (1) peut s'écrire

$$\alpha S \frac{d\theta}{dt} = c \sqrt{4\pi S} (T - \Theta) - c \sqrt{4\pi S} (\theta - \Theta)$$

ou

$$\alpha S \frac{d\theta}{dt} = c \sqrt{4\pi S} (T - \theta),$$

ou encore

$$(2) \quad c\sqrt{4\pi S}\vartheta + \alpha S \frac{d\vartheta}{dt} - c\sqrt{4\pi S}T = 0.$$

» Posons

$$c\sqrt{4\pi S}\vartheta - c\sqrt{4\pi S}T = y,$$

d'où

$$c\sqrt{4\pi S} \frac{d\vartheta}{dt} = \frac{dy}{dt}$$

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \frac{1}{c\sqrt{4\pi S}} \frac{dy}{dt}.$$

» Par suite, la relation (2) s'écrit

$$\frac{\alpha S}{c\sqrt{4\pi S}} \frac{dy}{dt} + y = 0$$

ou

$$\frac{dy}{y} = -\frac{c}{\alpha} \sqrt{\frac{4\pi}{S}} dt,$$

d'où l'on tire

$$Ly = -\frac{c}{\alpha} \sqrt{\frac{4\pi}{S}} t + LK$$

et

$$y = Ke^{-\frac{c}{\alpha} \sqrt{\frac{4\pi}{S}} t}$$

ou

$$c\sqrt{4\pi S}(\vartheta - T) = Ke^{-\frac{c}{\alpha} \sqrt{\frac{4\pi}{S}} t}.$$

» A l'origine, on a $\vartheta = \vartheta_0$; par suite

$$c\sqrt{4\pi S}(\vartheta_0 - T) = K.$$

» Donc finalement

$$c\sqrt{4\pi S}(\vartheta - T) = c\sqrt{4\pi S}(\vartheta_0 - T)e^{-\frac{c}{\alpha} \sqrt{\frac{4\pi}{S}} t}$$

ou

$$\vartheta - T = (\vartheta_0 - T)e^{-\frac{\alpha c}{\alpha^2} t}$$

$$\vartheta = T - (T - \vartheta_0)e^{-\frac{\alpha c}{\alpha^2} t}.$$

» L'expression de ϑ mise sous cette forme paraît indépendante de la température ambiante Θ . Il n'en est rien en réalité, car la valeur de T dépend directement de Θ [relation (1')]. »

BIBLIOGRAPHIE.

Encyclopédie électrotechnique, par un Comité d'Ingénieurs spécialistes. F. LOPPE, Ingénieur des Arts et Manufactures, secrétaire :

1^{re} *Magnétisme et Électromagnétisme*. 2 volumes (1^{re} et 2^e Partie), par Eug. VIGNERON, Ingénieur-conseil.

2^e *Le courant électrique. Résistance. Lois d'Ohm et de Joule. Étude thermodynamique des piles. Théorie des Ions*, par Eug. VIGNERON, Ingénieur-conseil.

Par cette division en fascicules confiés à des spécialistes, l'*Encyclopédie électrotechnique* est assurée de trouver une faveur marquée dans le public studieux de nos Écoles et auprès des ingénieurs.

Ces sortes de monographies répondent au besoin, évidemment tous les jours plus grand, de trouver rassemblés les documents et théories se rapportant à un sujet bien déterminé.

Les trois Volumes de théorie générale de M. Vigneron rentrent bien dans ce cadre et seront consultés avec fruit.

Même collection. — 3^e *Les Machines électriques alternatives à collecteur : Commutatrices, Moteurs à répulsion, Moteurs série compensés, Moteurs mixtes*, par L. BARBILLON, Directeur de l'Institut électrotechnique de Grenoble, Professeur à l'Université.

A un sujet aussi spécial, dont l'avenir des applications est aussi important, l'attribution d'un fascicule distinct était tout indiqué. En en confiant la rédaction au distingué directeur de l'Institut électrotechnique de Grenoble, le Comité s'est inspiré d'un heureux choix.

Au surplus, le sous-titre détaille suffisamment le champ des investigations de l'auteur et en met en relief l'importance.

L'Électrotechnique exposée à l'aide des Mathématiques élémentaires, par N.-A. PAQUET et A.-G. DOQUIER, Ingénieurs des Mines, anciens Professeurs d'Écoles industrielles, et J.-A. MONTPELLIER, Rédacteur en chef de *L'Électricien*.

Tome II : *Production de l'Énergie électrique*.

L'abondance de la production littéraire technique est telle, à notre époque, que la rédaction des bibliographies devient d'une monotonie désespérante, autant pour le lecteur que pour celui qui veut en assumer la tâche.

Autant vaudrait adopter une formule unique, car tous les Ouvrages qui paraissent sont consciencieusement rédigés et présentent, en général, le même ensemble de qualités qu'exigent aujourd'hui les lecteurs qui veulent étudier.

L'Ouvrage, dont le second Tome doit être présenté ici, est un travail de vulgarisation auquel se sont appliqués avec succès les auteurs.

Le titre laisse prévoir un troisième Volume où seront traités les modes de transformation et de distribution.

Nul doute qu'il ne reçoive, en couronnement de l'entreprise, l'accueil que ce second Tome mérite.

Maladies de Chaudières industrielles et de leurs accessoires, par Paul BLANCARNOUX, Ingénieur des Arts et Métiers, ex-second maître chargé de chaufferies, ancien Chef d'entretien d'usine à vapeur.

Ouvrage intéressant particulièrement les électriciens qui ont à s'occuper de stations centrales ou de l'entretien de générateurs à vapeur à un titre quelconque.

Formulaire de l'Électricien et du Mécanicien (24^e édition), 1910, par Gustave ROTX, Expert près le Tribunal civil et le Tribunal de Commerce de la Seine, Directeur du Bureau de contrôle des Installations électriques. Paris, Masson et C^{ie}, éditeurs.

A signaler, dans cette édition du *Formulaire* bien connu, entre autres nouveautés : un résumé de la Jurisprudence concernant les Installations électriques ; le calcul des constructions en ciment armé ; les abaques de M. Blondel pour les conducteurs en cuivre ; celles de M. Dussaugé pour ceux en aluminium.

Le Chapitre des turbines à vapeur a été remanié et complété ; enfin, on remarque un exposé succinct, mais des plus important, par M. Boucherot, des conditions de fonctionnement en parallèle des alternateurs, et quantité d'autres documents qui contribuent à maintenir cette publication à hauteur de sa réputation.

ERRATA.

Numéro de juillet. — Note de M. BRUNSWICK : *A propos des règlements administratifs concernant les distributions d'énergie électrique* :

Page 409, 15^e ligne, *au lieu de* : leur donner, *lire* : lui donner.

Page 437, dans la Note, *au lieu de* : indûment faite, *lire* : dûment faite.

ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.

PROMOTION XVI. — 1909-1910.

Liste des Élèves ayant obtenu le diplôme d'Ingénieur électricien.

MM. le capitaine d'Artillerie ROBERT,

— du Génie GILLET,

— d'Artillerie DE SAINT-GUILHEM,

— d'Artillerie NAVELLE,

Officiers délégués
par le Ministère de la Guerre.

MM.	MM.	MM.
1. GENTY.	29. VALENSI.	57. PIHIER.
2. DEMARQUAY.	30. STERNBERG.	58. VERHEYDEN-CHAIÑE.
3. DUPUY.	31. TISSIER.	59. BIGOURDAN.
4. LALOY.	32. GIRAUD.	60. LANDRY.
5. VILLIERS-MORIAMÉ.	33. LEBRUN.	61. BIANU.
6. MICHEL.	34. SZYSZKO.	62. BIOY.
7. MELCHIOR.	35. BOUYGUE.	63. BELOT.
8. PESTARINI.	36. CHOPIN.	64. HERVÉ.
9. PRIVÉ.	37. SANDRÉ.	65. WILCZEWSKI.
10. GROSPAUD.	38. PERDRIZET.	66. BIGET.
11. PLANTEAU.	39. BOUGUIÉ.	67. MIPLIER.
12. GHEORGHIU.	40. CAPDEVILLE.	68. PÉLISSOT.
13. DIÉRINGER.	41. BESSON.	69. BARTHÉLÉMY.
14. FISCHMANN.	42. COMTE.	70. LIGNY.
15. DE LAUZON.	43. PIOT.	71. SELLIER.
16. OULIF.	44. PONS.	72. LIGNEAU.
17. ROCHE.	45. HAUSSADIS.	73. CHIREIX.
18. DE SAINT-BLANCARD.	46. MILON.	74. LEMAIRE.
19. COLLIN.	47. BARTHEL.	75. PECQUET.
20. BONNET.	48. GENKIN.	76. COHEN.
21. HALARY.	49. CAUCHEMEZ.	77. BERMANÑ.
22. JANVIER.	50. DISCRY.	78. SIKORSKI.
23. SAEZMANN.	51. JAMIN.	79. THÉRON.
24. GARBARINI.	52. MITKIEWICZ.	80. ABINAL.
25. BINGARD.	53. BUAT.	81. MASSET.
26. FLATO-SZYFF.	54. HUGUES.	82. ZAHARIA.
27. PINGET.	55. POUS.	
28. BERTIN.	56. JOURDANA.	

Ancien Élève :

M. CLAUDE.

Vétérans :

MM. GINSBERG,
BÉLAVAL.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Admission de Membres titulaires, p. 611. — Essais des canalisations souterraines après pose (M. **Armagnat**), p. 613; (M. **Picou**), p. 624. — Observations sur le cahier des charges de l'Union des Syndicats, relatif aux câbles sous plomb armés, pour tension supérieure à 2000 volts (M. **Grosselin**), p. 629. — Remarques à propos de l'Arrêté du 21 mars 1910 et des Instructions de l'Union des Syndicats (M. **Boucherot**) p. 644; *Discussion* (M. **Hillairet**), p. 651.

BIBLIOGRAPHIE, p. 654.

OUVRAGES OFFERTS, p. 657.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 9 novembre 1910 (1).

PRÉSIDENCE DE M. A. BOCHET.

La séance est ouverte à 8^h 35^m du soir.

Le procès-verbal de la dernière réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque (voir p. 657) et des demandes d'admission suivantes :

M.

Bochet (Marcel), Ingénieur des Arts et Manufactures, 2, rue Scheffer, à Paris. —
Présenté par MM. A. Bochet et Monnier.

(1) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MM.

Chauvière (Joseph-Dominique), Ingénieur électricien, 161, rue Saint-Jacques, à Paris.

— Présenté par MM. Bochet et Dehenne.

Dumay (Charles), 57, rue du Mont-Valérien, à Suresnes (Seine). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Dyrion (Jules), Ingénieur électricien de l'*Institut de Grenoble*, Capitaine d'Artillerie à l'*Atelier de construction de Lyon*, 1, cours du Midi, à Lyon (Rhône). — Présenté par MM. Barbillion et Bergeon.

Genkin (Dimitry), Ingénieur, 61, rue Falguière, à Paris. — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Gheorghiu (Ion-P.), Ingénieur électricien, Ingénieur des Ponts et Chaussées, 111, Strada Fontanci, à Bucarest (Roumanie). — Présenté par MM. Chaumat et Illovici.

Martin (Michel-Joseph), Ingénieur stagiaire à la *Société Gramme*, 1, rue Bougainville, à Paris. — Présenté par MM. Guillon et Sogno-Lafont.

Mershon (Ralph-D.), Ingénieur-Conseil électricien, 60, Wall Street, à New-York City (U. S. A.). — Présenté par MM. Carl Hering et Kelly.

Revel (Paul-Désiré-Joseph), Chef de Service électrique à la *Société des Mines de Lens*, 70, rue de Liévin, à Lens (Pas-de-Calais). — Présenté par MM. Dinoire et Vedovelli.

Sarazin (Raoul-Roland-Raymond), Ingénieur-Conseil, 121, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris. — Présenté par MM. Aliamet et Chaumat.

Wilczewski (Alfred), Ingénieur mécanicien, 23-13, rue Wspolna, à Varsovie (Russie). — Présenté par MM. Janet et Chaumat.

Ces candidats sont élus membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le PRÉSIDENT fait part du décès de MM. *Codry*, *D' Courjon*, *P. Debray*, *O. Helmer*, *D' Papillon* et *P. Picard* ; il en exprime les regrets de la Société et rappelle que M. P. Picard, lauréat du prix Hughes, est l'auteur d'applications importantes et remarquablement ingénieuses dans la pratique de la télégraphie et de la téléphonie, et qu'on lui doit, notamment, le dispositif au moyen duquel a été réalisée la transmission par les câbles sous-marins des signaux émis par les appareils télégraphiques imprimeurs à marche rapide.

M. le PRÉSIDENT. — « Mes chers Collègues, je ne suis pas en état de vous rendre compte ce soir, comme je devais le faire, de notre voyage aux mines de Lens et à Bruxelles en raison du décès de mon beau-frère affectionné Frédéric Fouché, l'ingénieur constructeur que beaucoup d'entre vous connaissaient ; frappé subitement vendredi, ses obsèques ont eu lieu hier.

.. » Je vous demande donc de remettre à la séance prochaine ma communication.

» La parole est à M. Armagnat. »

ESSAIS DES CANALISATIONS SOUTERRAINES APRÈS POSE.

M. ARMAGNAT. — « Au début de l'éclairage électrique, dès qu'il s'est agi de poser des canalisations souterraines et de les vérifier après pose, on s'est naturellement souvenu des règles adoptées par les télégraphistes et l'on a eu, tout d'abord, recours aux mesures d'isolement pour s'assurer que les câbles posés répondaient bien aux conditions prévues.

» Tant qu'on n'a eu en vue que les basses tensions, la question, sans être négligeable, n'a pas offert de difficultés bien grandes; cependant on est arrivé peu à peu à se rendre compte que les mesures devaient être faites au moins sous la tension de marche normale du réseau et les dispositions préconisées actuellement tiennent toutes compte de cette condition.

» Les mesures d'isolement ainsi faites donnent, en basse tension et en télégraphie, des indications utiles sur l'état du réseau et montrent si des défauts se sont produits à la pose ou en service. Comme, d'autre part, les épaisseurs d'isolants sont toujours largement calculées dans ce cas, il est peu à craindre qu'une surtension soudaine vienne à mettre le câble en danger et, d'ailleurs, il est facile de faire des essais à une tension suffisamment haute pour dépasser les surtensions les plus élevées qui peuvent se produire et pour se mettre ainsi dans les meilleures conditions de sécurité.

» Pour les câbles à haute tension, les épaisseurs d'isolant sont loin de croître en proportion de la tension, on arrive vite à des épaisseurs où l'on peut craindre que les surtensions amènent la rupture de cet isolant, et l'on se demande si la mesure d'isolement suffit à indiquer la bonne qualité d'un câble.

» La réponse est formelle; il n'y a aucune relation certaine entre la résistance d'isolement et la rigidité diélectrique, c'est-à-dire la résistance à la perforation par étincelle.

» L'état de nos connaissances sur les diélectriques ne nous permet pas de dire qu'il n'existe aucune relation entre les deux phénomènes, résistance et rigidité, mais nous ne pouvons pas dire non plus qu'il en existe une.

» Au contraire, il nous est facile de constater quelques différences importantes entre les deux : la résistance des diélectriques est une grandeur essentiellement variable avec la température, et un petit écart de quelques degrés seulement fait varier du simple au double la résistance d'isolement.

» Pour la rigidité, sans pouvoir dire que la température n'a aucune influence, on est fondé à reconnaître qu'aux températures ordinaires la tension sous laquelle se produit la rupture du diélectrique ne varie pas beaucoup. La relation entre la rigidité et la température n'est pas connue et rien ne prouve, d'ailleurs, qu'elle soit la même pour les différents isolants. Notre ignorance à ce sujet est facilement explicable : la détermination de la rigidité des isolants solides est une épreuve de tout ou rien ; l'échantillon soumis à l'essai résiste, à une certaine température, à une tension déterminée et se perfore pour une valeur un peu plus élevée, mais alors l'isolant est détruit et l'essai à une autre température exige un autre échantillon. Dans ces conditions, il faudrait avoir affaire à un diélectrique remarquablement homogène pour obtenir des résultats permettant de trouver une loi de variation, à moins que le phénomène ne varie considérablement avec la température.

» Il est vraisemblable que la perforation des isolants se produit aux points faibles dès que la tension de rupture de ces points est atteinte ; il en résulte que le défaut peut n'avoir qu'une longueur très faible dans le câble examiné et, par suite, comme ce point faible doit encore avoir un isolement propre assez élevé, sa présence en dérivation sur tout l'ensemble du câble ne doit pas modifier notablement l'isolement *moyen*, étant donné surtout qu'on est obligé de laisser une marge de tolérance assez grande dans ces mesures.

» Une autre remarque conduit à penser qu'il n'y a pas de relation directe entre l'isolement *moyen* d'un câble et sa résistance à la rupture. Dans des expériences faites sur des câbles isolés au papier, E. Hœchstædter a étudié la perte dans le diélectrique soumis à des tensions élevées, avec des fréquences variées, et a comparé la perte ainsi mesurée à celle qui résulte du phénomène de Joule dans le diélectrique lui-même ; dans les conditions les plus favorables, c'est-à-dire aux températures élevées où la résistance d'isolement est très

basse, la perte par effet Joule dans l'isolant ne représente qu'une fraction très petite de la perte totale mesurée.

» Puisque la mesure d'isolement ne donne pas d'indication sur la rigidité des câbles, il faut les essayer directement à la rupture, en appliquant un coefficient de sécurité suffisant pour être sûr qu'en aucun cas les surtensions possibles ne pourront dépasser la valeur ayant servi à l'essai; c'est ce qu'on a compris depuis longtemps déjà et les essais des câbles en usine sont toujours faits sous des tensions au moins trois fois plus élevées que la tension normale de service.

» Les règlements actuels prescrivent l'essai en usine et, de plus, un essai après pose pour s'assurer qu'il ne s'est produit pendant cette opération aucun accident pouvant provoquer en cours de service la rupture du câble par perforation de l'isolant. L'essai après pose doit, d'après le nouveau Cahier des charges type des Syndicats de l'Électricité, être fait à une tension égale à deux fois la tension normale et durer 15 minutes, les appareils nécessaires à l'essai étant fournis par l'acheteur.

» Pour les basses et moyennes tensions il n'y a que peu ou pas de difficultés à faire la vérification après pose et il suffit généralement d'amener un petit transformateur à l'endroit voulu pour vérifier convenablement le câble, mais dès qu'il s'agit de tensions élevées et de câbles de grande longueur le problème se complique.

» La puissance apparente, et par suite la dimension du transformateur nécessaire, augmente comme le carré de la tension d'essai et comme la capacité totale du câble à vérifier; il est facile de se rendre compte qu'on est ainsi très vite conduit à des dimensions de transformateurs qui rendent l'essai fort difficile.

» En réalité cette difficulté fait que, dans la plupart des cas, l'essai après pose n'est pas fait et qu'on se contente d'une mesure d'isolement qui peut donner une indication de certains défauts, mais ne renseigne en rien sur des fissures ou d'autres défauts s'étant produits pendant la pose.

» Cette absence de vérification cause une véritable gêne et a provoqué déjà bien des discussions. Pour remédier à cette situation on a proposé depuis quelque temps de faire l'essai en courant continu à une tension égale au maximum de la tension d'essai prévue en alternatif et divers appareils ont été proposés.

» L'appareil que je vous présente aujourd'hui est celui de la Société française des Câbles électriques. Il repose sur l'emploi du contact tournant de M. Delon.

» Le contact tournant Delon est un commutateur à haute tension qui charge un condensateur en établissant, à chaque demi-période, une liaison par une étincelle courte entre un transformateur et le condensateur à charger. Par un calage convenable, le contact est établi au moment où la force électromotrice passe par son maximum, et, grâce à l'emploi de condensateurs auxiliaires, on ajoute la tension d'une demi-période à celle de l'autre, de sorte que, finalement, le condensateur se trouve chargé à une tension double du maximum de la tension alternative employée.

» Schématiquement l'appareil se réduit au dispositif représenté figure 1.

» Le contact tournant, formé par une tige conductrice T isolée dans un disque d'ébonite, tourne autour d'un arbre perpendiculaire

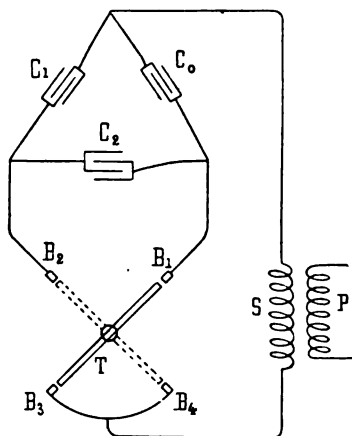


Fig. 1.

au plan du disque. Quatre balais fixes sont disposés à très petite distance du disque, de façon à se trouver presque au contact de la tige quand celle-ci passe devant eux; les balais fixes occupent les extrémités de deux diamètres perpendiculaires à l'axe du disque.

» Deux des balais contigus sont reliés ensemble et connectés à une des bornes secondaires du transformateur, les deux autres sont reliés chacun à un sommet du groupe de condensateurs à charger,

l'autre sommet étant relié de son côté à la seconde borne du transformateur.

Le disque tourne sous l'action d'un moteur synchrone alimenté par le courant alternatif qui fournit la haute tension par l'intermédiaire du transformateur. L'ensemble des balais fixes peut se déplacer d'un angle convenable pour permettre de les placer en face de la tige mobile au moment du maximum de la tension.

» Le condensateur à charger C_2 et deux condensateurs auxiliaires C_0, C_1 forment un triangle dont les sommets sont reliés aux balais B_1, B_2 et au transformateur.

Au départ, le moteur synchrone étant en marche, si l'on ferme le circuit primaire du transformateur sur le courant alternatif, la tige mobile T passe d'abord devant une paire de balais fixes, B_1, B_2 par exemple, la capacité C_0 prend une charge qui dépend de la self-induction du transformateur et de la tension maximum du courant secondaire; les deux autres capacités C_1 et C_2 prennent une charge telle que la somme des différences de potentiel U_1 et U_2 soit égale à U_0 du condensateur C_0 .

» A la demi-période suivante, c'est le condensateur C_1 qui se trouve directement sur le secondaire, et, comme le sens du courant a changé, cette capacité se trouve chargée dans le même sens que la première fois. La capacité C_0 au contraire reçoit une charge de sens inverse à la première. Enfin la capacité C_2 , qui est celle qu'on veut charger à haute tension, reçoit toujours des charges de même sens, quelle que soit la position de la tige mobile.

» La quantité d'électricité fournie à chaque contact doit donc charger simultanément un des deux condensateurs auxiliaires en parallèle avec le groupe formé par le second condensateur auxiliaire et la capacité étudiée C_2 . Comme le temps pendant lequel le contact est établi entre le transformateur et les capacités est très petit et comme, en outre, la self-induction du secondaire du transformateur est considérable, la quantité d'électricité qu'on peut faire entrer dans le système à chaque demi-période est limitée, mais la répétition du phénomène est assez rapide pour qu'au bout d'un temps relativement court la capacité C_2 arrive à une tension égale à deux fois la tension maximum du courant alternatif.

» Pratiquement, la mise en charge est obtenue en moins d'une

minute, sur un courant de fréquence 50, soit en moins de 6000 contacts.

» Il est bien entendu qu'ici le mot *contact* signifie passage de la tige près des balais fixes et non contact immédiat, la fermeture du circuit se faisant toujours par une étincelle très courte et de faible résistance.

» On conçoit facilement qu'avec un pareil système on puisse atteindre des charges continues aussi élevées qu'on le désire en faisant usage de transformateurs de puissance assez faible. L'intérêt du problème, dans le cas qui nous occupe était de savoir à quelles dimensions conduirait l'emploi du dispositif et si l'on pourrait réaliser un ensemble pratique, maniable et d'un emploi commode.

» L'appareil construit par la Société française des Câbles électriques, que vous trouvez sur les figures 2, 3 et 4 (*Pl. I et II*) paraît réalisé de façon très pratique.

» Tout l'ensemble est contenu dans une voiture à bras dont le poids total atteint environ 600 kg, ce qui rend le déplacement très facile avec deux hommes.

» Comme on le voit sur les figures, la voiture renferme à la partie arrière un petit tableau de manœuvre muni des interrupteurs et commutateurs pour le démarrage du moteur synchrone, son accrochage, la fermeture et le réglage du courant primaire du transformateur.

» Le moteur synchrone est monté directement sur l'arbre du contact tournant; il est muni, également sur le même arbre, d'un moteur asynchrone qui assure le démarrage.

» La tige qui établit les contacts est parfaitement isolée dans un disque d'ébonite d'où ses extrémités sortent seules. Les quatre balais fixes sont portés par une monture en ébonite qui peut tourner autour de l'axe de rotation du disque pour donner aux balais le calage le plus favorable. Tous ces organes, qui forment la partie essentielle du dispositif, sont disposés dans la partie supérieure avant de la voiture et sont parfaitement accessibles quand on a enlevé les panneaux latéraux et avant.

» Le transformateur est logé dans la partie inférieure, au-dessous du contact tournant, et parfaitement dégagé pour éviter que des étincelles éclatent entre ses bornes et les parois de la voiture. Ce

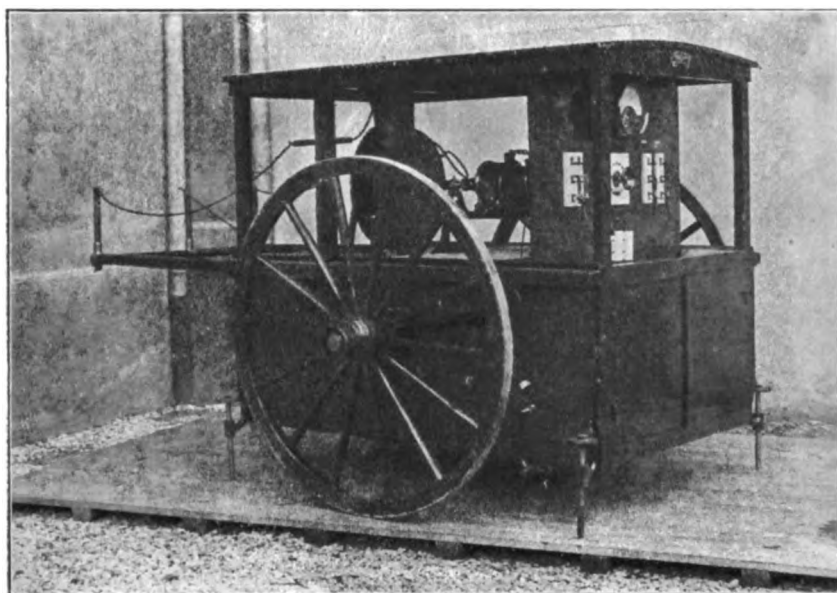


Fig. 2.

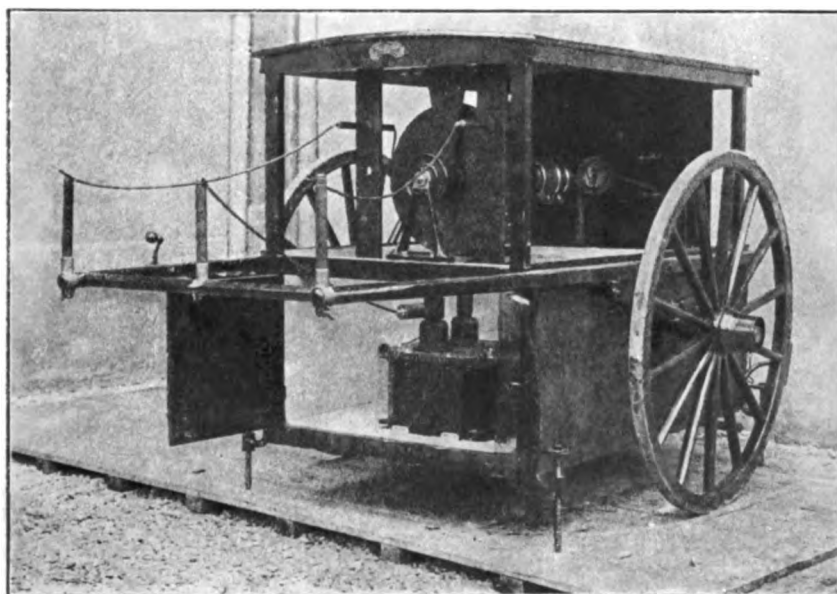


Fig. 3.

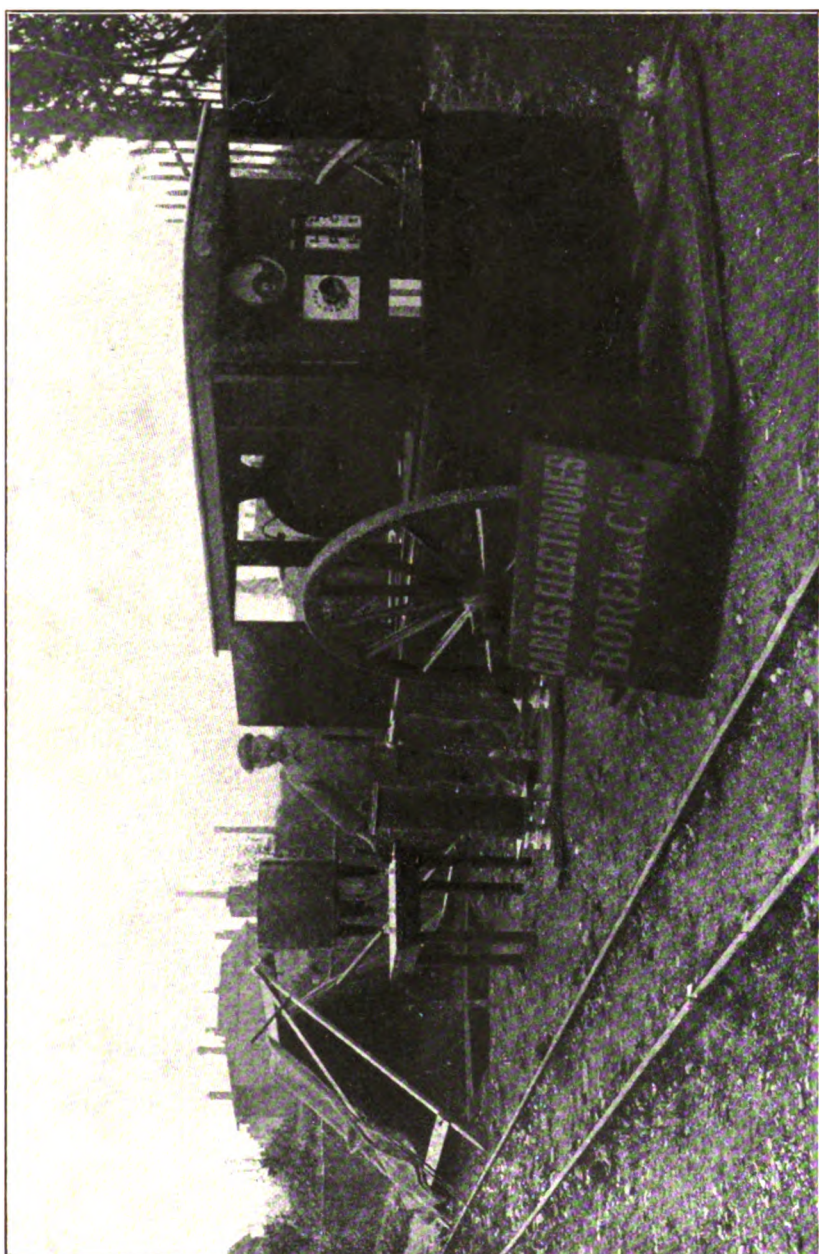


Fig. 4.

transformateur est muni de deux enroulements primaires qui, mis en parallèle ou en tension, permettent d'obtenir au secondaire 15000 ou 30000 volts eff. avec 110 volts au primaire. L'appareil tel qu'il est permet donc de charger un câble jusqu'à environ $2 \times 30000 \times 1,4$ soit 84000 volts. Avec un peu de surcharge on peut dépasser 100000 volts.

» Dans la figure 4 (*Pl. II*) on voit l'appareil en expérience, tel qu'il a fonctionné à Lyon le 20 octobre pour la vérification d'un câble de 2 km posé pour la Société Grenobloise. Les deux condensateurs auxiliaires sont debout entre la voiture et l'extrémité du câble qui sort de la tranchée. Ces condensateurs peuvent trouver place dans la voiture pour le transport et même on pourrait facilement les disposer à demeure dans la partie supérieure, au-dessus du contact tournant.

» Le voltmètre électrostatique qui est placé sur un support spécial, doit être apporté séparément, sa fragilité ne permettant pas de le laisser dans la voiture.

» L'appareil que je vous présente a déjà subi l'épreuve de la pratique, en particulier dans deux essais assez intéressants faits à Lyon, devant moi, le 20 octobre dernier.

» Le premier essai est celui qui est représenté par la figure 5. Il s'agissait de vérifier un câble à trois conducteurs de chacun 40 mm² de section, tension efficace normale 10000 volts; ce câble devait être essayé à $2\sqrt{2}$ fois la tension efficace normale, soit 30000 volts.

» Comme le câble aboutit derrière l'usine de la Société française des Câbles électriques, le courant a été pris sur le réseau alimentant cette usine et la tension étant de 180 volts, il a fallu la réduire à 110, ce qui explique la présence de la bobine de self-induction qu'on voit par terre derrière la voiture.

» Comme nous l'avons vu, le schéma (*fig. 1*) exige deux capacités auxiliaires C_0 , C_1 pour obtenir la charge sur le condensateur essayé : lorsqu'il faut vérifier un câble à trois conducteurs on peut se dispenser des deux condensateurs auxiliaires et se servir à cet effet soit d'un ou de deux conducteurs, soit du plomb.

» Dans le montage avec condensateurs indépendants (*fig. 5*) on réunit un des conducteurs au plomb et à un des balais fixes du contact, les deux autres conducteurs étant reliés ensemble et connectés

au second contact. Les deux condensateurs indépendants sont réunis en tension et leur point commun est relié à une des bornes secondaires du transformateur.

» On voit sur ce schéma que la tension agit entre les conducteurs 1 et 2 d'une part, et le conducteur 3 et le plomb d'autre part. Pour que l'essai soit complet, il faut faire une seconde expérience en reliant 1 ou 2 au plomb et en isolant les deux conducteurs restant pour les relier au balai fixe B_1 .

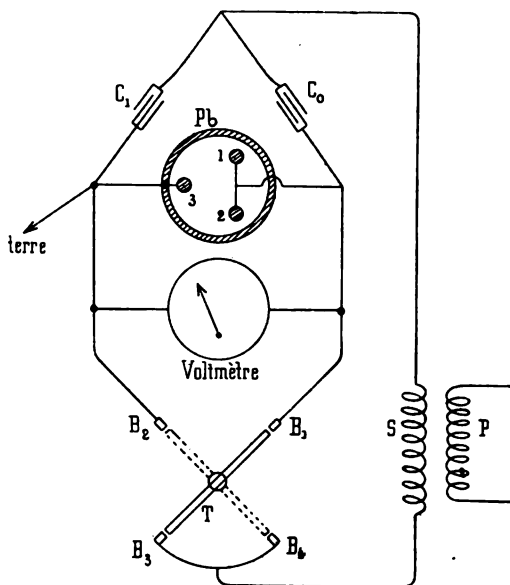


Fig. 5.

» Dans l'essai dont nous parlons, les deux condensateurs indépendants avaient une capacité de 0,015 microfarad chacun et le câble essayé environ 0,4 microfarad. Si l'essai avait dû être fait en alternatif, il aurait fallu un transformateur d'une puissance de 50 kilovolts-ampères. En courant continu l'expérience a demandé seulement 105 volts aux bornes et 2,9 ampères, soit une puissance de 305 volts-ampères et la tension atteinte a été de 31 000 volts.

» Dans la seconde expérience du 20 octobre, l'essai portait sur un câble de 11 600 km, du même type que le précédent, mais dont la section était seulement de $3 \times 25 \text{ mm}^2$. Ce câble aboutit à l'usine de la Compagnie de Tramways lyonnais et l'essai a été fait dans cette usine avec du courant pris sur le réseau.

» Dans cette expérience on a employé le montage avec les capacités auxiliaires prises sur le câble lui-même, afin d'obtenir des valeurs plus comparables dans les trois branches du circuit; étant donnée la longueur du câble, les capacités en jeu étaient de l'ordre de :

- 1,4 microfarad entre deux conducteurs et le troisième,
- 2,44 microfarads entre deux conducteurs et le plomb,
- 1,54 microfarad entre un conducteur et le plomb.

» Pour soumettre toutes les parties du câble à l'essai sous la tension maximum, il faut faire les connexions suivantes et faire deux groupements avec chaque schéma, soit en tout quatre essais :

» Dans le schéma, figure 6 A, le conducteur 3 forme le point intermédiaire et il est relié directement au secondaire S du trans-

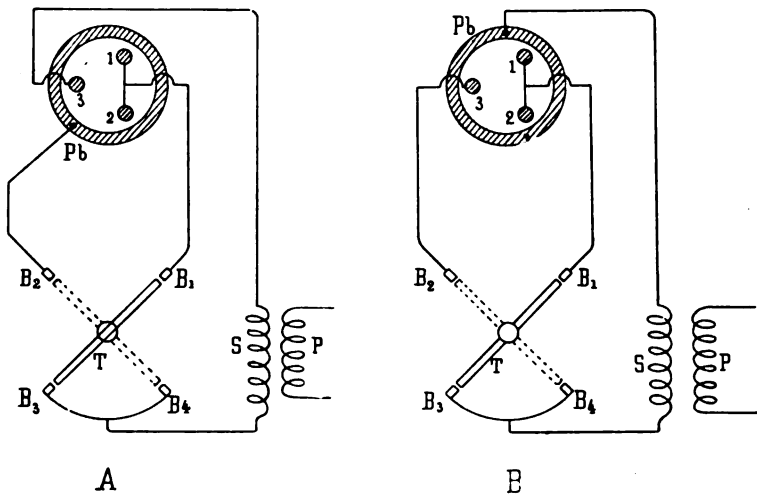


Fig. 6.

formateur. Les deux autres conducteurs reliés ensemble forment une des armatures du condensateur à charger, l'autre armature étant représentée par le plomb. Dans cet essai la tension totale s'établit entre les conducteurs 1 et 2 et le plomb; il faut faire un second groupement en prenant comme point intermédiaire l'un des conducteurs 1 ou 2, afin de faire l'essai entre 3 et le plomb.

» Un second montage selon le schéma, figure 6 B, prend comme point intermédiaire le plomb et met la tension totale entre les con-

ducteurs; là encore, il faut deux groupements différents : 1 et 2 réunis contre 3, 1 et 3 contre 2 ou 2 et 3 contre 1.

» Entre les deux méthodes, avec ou sans condensateurs indépendants, il est assez difficile de se prononcer. L'emploi des condensateurs indépendants réduit les mesures à deux, mais exige le transport de ces condensateurs; les circonstances détermineront le choix.

» Il est intéressant de remarquer que pour faire l'essai en alternatif, sur toute la longueur du câble, il aurait fallu un transformateur d'une puissance de 300 kilovolts-ampères.

» Les câbles essayés le 20 octobre ont parfaitement résisté; mais on peut se demander, au cas où un défaut aurait été reconnu, si la puissance de l'appareil aurait permis de le faire sauter de façon à le localiser !

» Pour nous assurer de la possibilité d'obtenir cette destruction du défaut, nous avons fait, à l'usine, de nouvelles expériences et nous avons réussi à brûler complètement un défaut artificiel dans les conditions suivantes :

» Un morceau de câble d'une longueur de 19 m. à 3 conducteurs de 50 mm², tension normale 10 000 volts eff., a été relié au contact tournant selon le schéma figure 6 A. A l'état normal, ce câble tenait plus de 80 000 volts et, pour obtenir un défaut, il fallut l'aplatir au marteau près d'une extrémité.

» Le câble ainsi détérioré a résisté parfaitement à 74 000 volts, puis, en passant à 80 000 volts, on a vu soudain la tension tomber à 32 000 volts et s'y maintenir pendant quelque temps. A ce moment l'isolement était beaucoup trop élevé pour être mesuré à l'aide d'un galvanoscope et quelques éléments de pile sèche; il n'était donc pas possible de le localiser.

» En forçant un peu le régime du transformateur, et en faisant monter l'intensité totale, y compris le moteur synchrone, un peu au delà de 10 ampères, sous 110 volts environ, on a vu la tension s'abaisser progressivement et tomber vers zéro au bout de 8 à 9 minutes, l'isolement tombant également à zéro et le galvanoscope indiquant un court-circuit franc. En ouvrant le câble, on a pu constater alors que la perforation s'était produite entre deux conducteurs et que les décharges suivantes avaient été suffisantes pour

carboniser entièrement l'isolant rendant impossible l'espèce d'auto-réparation qui se produit souvent quand une simple perforation est causée par l'étincelle et que la matière qui imprègne l'isolant coule dans le défaut et vient le masquer.

» Ainsi donc, il résulte de cet essai que l'appareil est suffisant non seulement pour soumettre le câble à une tension continue élevée, mais encore pour faire sauter un défaut existant et le brûler ensuite de façon à permettre de le retrouver exactement.

» Quelle est la nature de la charge du câble ? Oscille-t-elle ou est-elle suffisamment constante pour être considérée comme fournie par une source de courant continu ?

» Des expériences à l'oscillographe ont montré que la quantité d'électricité apportée à chaque contact, lorsque le régime est établi, est beaucoup plus petite que 2,8 microcoulombs, l'intensité maximum étant inférieure à 7 milliampères et la durée de charge plus petite que $\frac{1}{30}$ de période. La variation de tension correspondante serait donc plus petite que 8 volts, ce qui est parfaitement négligeable devant les 30000 volts, de la tension totale. On peut même dire que la tension est infiniment plus constante que celle que fournissent les dynamos.

» L'appareil présenté permet donc de faire facilement, à tension constante, l'essai après pose des câbles à haute tension, pour lesquels on se contente généralement d'une mesure d'isolement qui ne fournit que des indications tout à fait insuffisantes.

» Pour que la méthode se généralise, il faut que l'accord se fasse entre fabricants de câbles et exploitants de réseaux.

» Des objections se sont déjà élevées contre la méthode. Quelques personnes estimant que les causes de perforation des câbles sont tout autres en alternatif qu'en continu, craignent que l'essai donne une sécurité trompeuse et aussi que, pour permettre au câble de résister à l'essai en continu, on impose des conditions gênantes pour le fabricant et complètement inutiles pour le but auquel est destiné ce câble.

» Il semble que toutes ces objections tomberont devant l'application régulière de la méthode et, si l'on se rappelle bien que l'essai prévu n'a pour but que de constater les défauts qui ont pu se

produire en cours de pose : fissures dans l'isolant, rentrées d'eau, etc., on conviendra que la méthode, si elle n'apporte pas une sécurité absolue quant à la marche en régime, donne beaucoup plus d'indications que l'*absence totale* de vérification qui est la règle actuelle.

M. PICOT. — « La communication de M. Armagnat a porté sur deux points des plus intéressants : une méthode nouvelle d'essai des câbles après pose, et un appareil propre à appliquer cette méthode. Sur chacun de ces points je désirerais ajouter quelques mots.

» D'abord en ce qui concerne la méthode : je crois avec M. Armagnat qu'elle répond à une véritable nécessité et qu'elle est la seule qui soit applicable sur le terrain. Je ne saurais donc trop l'approuver, mais sous la réserve que les conclusions de M. Armagnat soient aussi acceptées en même temps, c'est-à-dire à la condition que cet essai ne soit pas détourné de son véritable sens.

» Nous avons tous présents encore à la mémoire les incidents nombreux qui se sont produits sur les premières canalisations souterraines, à l'époque où les phénomènes d'oscillation étaient encore imparfaitement connus. En l'absence d'indications bien certaines, l'exploitant ne manquait pas de conclure à un défaut du câble et les constructeurs de ces câbles ont dû maintes fois subir les conséquences d'accidents qui ne leur étaient en rien imputables. Nous voyons d'ailleurs en ce moment le même ordre de faits se reproduire au sujet des turbo-alternateurs.

» Il me paraît donc essentiel qu'il soit bien entendu : 1° que l'essai des câbles, en tant que câbles, doit être fait *à l'usine*, et j'ajoute (comme un desideratum à réaliser dans quelques années) autant que possible avec la même nature de tension, continue ou alternative, qu'il supportera en service; 2° que l'essai après pose est seulement le contrôle de la pose, mais non un nouvel essai du câble dans des conditions différentes de l'essai en usine. Je crois bien nécessaire, au point de vue des bonnes relations entre fabricants et exploitants, que ceci soit nettement établi dès la naissance de ce nouveau procédé.

» J'exprime en même temps un vif désir de voir substituer l'essai

statique dès la pose du câble à l'essai sous tension alternative, que les Syndicats ont cru devoir faire figurer dans leurs Cahiers de charges, alors que chacun d'eux sait parfaitement que cet essai est inexécutable et n'est jamais exécuté. De telles prescriptions sont d'abord mauvaises, comme toutes les lois qu'on n'applique pas; elles ont en outre des répercussions que ne soupçonnent pas leurs auteurs. C'est ainsi qu'en ce moment un gouvernement étranger, qui s'appuie volontiers sur les réglementations françaises, exige l'essai d'un réseau de 10000 volts, mis en place, au double de la tension de service! Or, c'est irréalisable; et l'exploitant français, victime de cette réglementation d'origine française, ne sait plus que faire. Il est facile de s'arranger avec un fournisseur pour laisser inappliquée telle clause d'un contrat; mais il est moins facile de convertir un gouvernement à l'abandon d'un texte réglementaire. Je souhaite donc bien vivement, ne serait-ce que dans ce but, la substitution de l'essai statique à l'essai dynamique des câbles posés.

» Je viens maintenant à l'appareil. Le contact tournant de M. Delon est un appareil extrêmement remarquable et je ne doute pas qu'il puisse rendre de grands services pour diverses applications, en dehors même de l'essai des câbles. Il convient aussi de complimenter la Société française des câbles électriques pour l'habileté avec laquelle elle a établi le groupement des appareils dans son installation, transportable. Tout cela donne l'impression d'une méthode bien au point et tout à fait digne de prendre rang dès demain parmi les moyens réguliers et réglementaires d'essais des câbles.

» Ce problème de l'essai sous tension statique me préoccupait de mon côté, en raison des exigences que je vous signalais tout à l'heure et je recherchais des moyens simples d'y parvenir. A l'instigation de nos collègues, MM. Geoffroy et Delore, j'ai entrepris quelques essais, dont le point de départ est l'emploi d'une simple bobine de Ruhmkorff.

» La maison Carpentier, avec son obligeance coutumière, voulut bien mettre à ma disposition les ressources de son laboratoire et de son personnel, et nous avons pu ensemble mener ces essais à bonne fin. En voici sommairement exposé le principe :

» On sait que, si l'on relie directement un condensateur au

secondaire d'une bobine, la charge en reste nulle, en raison de l'égale quantité des ondes directe et inverse.

» Mais si dans le circuit on intercale une coupure de manière à créer une étincelle, les choses se modifient; pour un réglage donné, en raison de la différence de tension maxima des deux ondes, l'une d'elles seule peut passer, et le condensateur se charge. Un simple éclateur fonctionne donc comme une soupape; mais d'une manière assez imparfaite.

» Un système *pointe et plateau* forme un éclateur dissymétrique qui fonctionne déjà beaucoup mieux et peut supporter facilement 15 000 à 20 000 volts. C'est déjà suffisant pour certains essais.

» On obtient une solution complète du problème en utilisant les soupapes de M. Villard. Ces organes sont formés, d'une ampoule où l'on a fait un vide déterminé, et qui contient deux électrodes de dimensions très dissemblables : une très développée qui devient cathode; l'autre de faible surface, logée dans une partie étranglée de l'ampoule, et qui devient anode. Cette soupape résiste facilement à 60 000 volts.

» Au cours de ces essais, j'ai eu la bonne fortune que, M. Abraham en ayant eu connaissance par hasard, il a bien voulu, d'accord avec M. Villard, mettre à notre disposition un électromètre à lecture directe, pour tensions aussi élevées qu'on peut le désirer. C'est un instrument que nos savants collègues ont imaginé et construit pour des études qu'ils poursuivent. Je ne fais que signaler en passant cet appareil d'une simplicité admirable et d'un volume très réduit (l'électromètre Thomson pour la tension de 100 000 volts est un instrument dont le volume est de l'ordre du mètre cube); il sera présenté par ses auteurs à la Société dès qu'il aura reçu la forme définitive que peut lui donner la construction industrielle.

» A l'aide du matériel très simple que je viens de décrire (*fig. 7*), avec deux soupapes en tension et en employant une bobine de 30^{cm} d'étincelle seulement, nous n'avons eu aucune peine à charger à 100 000 volts une bobine de câble, et à faire claquer, selon le terme consacré, les défauts provoqués sur des échantillons.

» Il est donc possible de former un ensemble de matériel portatif d'essai, comportant quelques accumulateurs, une bobine et ses soupapes. Un électromètre et un rhéostat complètent l'ensemble.

Le temps nous a manqué pour que tout cela ait pu être construit, réuni et groupé sous la forme d'une voiture d'essai; c'est l'affaire d'un petit nombre de semaines.

» On dispose donc dès maintenant de deux moyens d'application de la méthode statique d'essai de la pose des câbles souterrains.

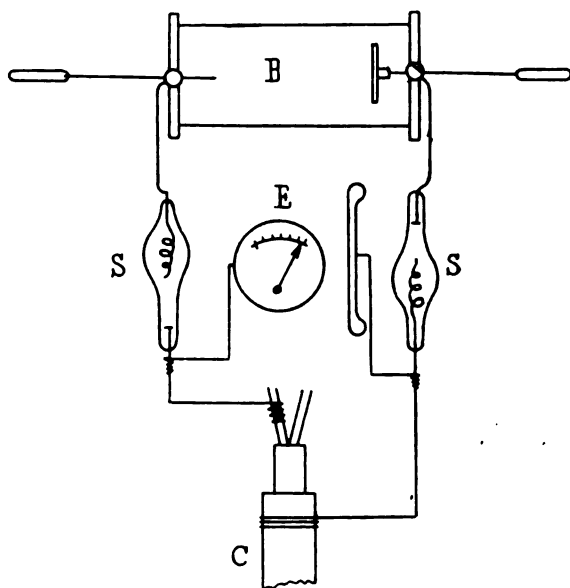


Fig. 7.

B, Bobine. E, Électromètre.
S, S, Soupapes. C, Câble en essai.

On en imaginera d'autres encore sans doute; les machines statiques elles-mêmes pourraient être avantageusement employées dans certains cas. Tous ces moyens, nécessairement équivalents, seront les bienvenus s'ils permettent l'adoption de la méthode par les intéressés et s'il en résulte la disparition dans les Cahiers de charges (où les copient les administrations publiques) des clauses inapplicables, partant inutiles ou dangereuses, et qui sont de nature à compromettre les bons rapports nécessaires entre fabricants et exploitants. »

M. le PRÉSIDENT remercie très vivement MM. Armagnat et Picou et rappelle avec plaisir que l'auteur du dispositif dont on vient de faire la description, M. Delon, est un ancien élève de l'École supérieure d'Électricité.

**OBSERVATIONS SUR LE CAHIER DES CHARGES DE L'UNION DES SYNDICATS, RELATIF
AUX CABLES SOUS PLOMB ARMÉS, POUR TENSIONS SUPÉRIEURES A 2000 VOLTS.**

M. GROSSELIN. — « Au mois de juillet dernier, M. Brunswick vous présentait les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques, rédigées peu de temps auparavant par l'Union des Syndicats.

» Je voudrais appeler aujourd'hui votre attention sur un autre document qui a vu le jour sous les mêmes auspices et à la même époque.

» C'est, je résume son titre un peu long, le Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés pour tensions supérieures à 2000 volts.

» Je tiens à vous faire observer tout d'abord, en empruntant le jargon des politiciens, que je suis ici une individualité sans aucun mandat et que mes observations n'engageront que moi.

» Ceci dit, je m'empresse de vous rassurer : l'apparition, coup sur coup, de ces documents, ne révèle pas un prurit de réglementation dont seraient, subitement, atteints les Syndicats.

» Il s'agit, au contraire, d'une réaction contre le foisonnement des cahiers des charges particuliers dont la rigueur était souvent en raison inverse de la compétence de leurs auteurs.

» Le Syndicat professionnel des Industries électriques avait autrefois pris l'initiative de rédiger un cahier des charges dont le seul défaut était d'émaner d'un groupe de constructeurs.

» L'Union des Syndicats, comprenant des Syndicats d'exploitants, paraît avoir été bien inspirée en réalisant, après discussion et aux prix de concessions réciproques, l'entente sur un cahier des charges unique, tirant son autorité de cet accord entre les intérêts opposés.

» Vous reconnaîtrez, dans le document que notre *Bulletin* va publier, la trace de cette origine.

» Les considérations commerciales y dominent, mais la technique y garde une place importante et, à ce point de vue, je voudrais signaler en quelques mots l'influence qu'ont eue, sur sa rédaction, les discussions poursuivies ici. Je ferai aussi appel à vos lumières,

pour éclairer et préciser quelques questions controversées encore, et auxquelles le cahier des charges n'a pu donner une solution définitive.

» *Accessoires.* — L'article 1 porte que les accessoires des câbles doivent être tout spécialement étudiés pour éviter l'introduction de l'humidité.

» La malheureuse expérience des inondations a montré que les branchements et jonctions présentent une étanchéité suffisante, même dans ces conditions exceptionnelles, mais qu'il n'en est pas absolument de même des boîtes coupures de réseau et surtout des boîtes d'extrémités. Ces deux sortes d'appareils ont toujours été des nids à chagrins, pour les constructeurs comme pour les exploitants.

» Même en temps normal, les surtensions y naissent ou s'y déchainent de préférence. L'étanchéité en est très difficile à obtenir et les constructeurs ont encore quelques efforts à faire pour les mettre au point.

» *Densité du courant.* — Les limites de densité sont fixées par l'article 3 sous forme d'un Tableau allant de 5 mm^2 à 200 mm^2 de section du conducteur.

» Au delà de 200 mm^2 , l'impédance entre en jeu pour les distributions en courant alternatif, et l'augmentation de section devient illusoire, ceci explique pourquoi le cahier des charges ne prévoit pas de sections supérieures à 200 mm^2 .

» Les densités limites admises vous paraîtront peut-être un peu faibles. Les Allemands en acceptent de beaucoup plus fortes.

» Il serait intéressant que des expériences fussent réalisées en France sur des câbles enterrés, c'est-à-dire placés dans les conditions mêmes de la pratique.

» J'en connais une qui a été faite sur un câble à un conducteur de 75 mm^2 sous très haute tension. A la densité 2, la température de régime s'est établie au bout de 24 heures à 80° .

» Cette densité de 2 est celle même portée au Tableau.

» *Essais de réception des câbles à l'usine.* — L'article 4 traite cette question qui est la plus importante de toutes au point de vue technique.

» Nous y trouvons appliquées les conclusions de nos discussions :

» Essai pendant 15 minutes au triple de la tension de fonctionnement normale; puis, pendant 1 heure, au double de cette tension entre conducteurs, ces chiffres pouvant être réduits à deux fois et une fois la normale entre conducteur et armature.

» L'expérience des exploitants paraît montrer que les câbles essayés dans ces conditions résistent à toutes les surtensions d'exploitation (exception faite, bien entendu, pour les surtensions provenant de résonances permanentes et pour les décharges atmosphériques) et cela sans adjonction de limiteurs. Au contraire, les réseaux, essayés seulement au double de la tension, ne peuvent se passer de limiteurs et chacun sait quelle foule d'ennuis donnent ces appareils.

» En tous cas, un diélectrique qui aura subi l'essai spécifié pourra être considéré comme de tout premier ordre.

» Vous voyez toutefois que, pour les câbles à 40 000 volts, cette clause entraîne à faire l'essai sous 120 000 volts pendant 15 minutes, ce qui impose l'emploi de puissants transformateurs.

» On a fait observer qu'un essai à aussi haute tension n'était peut-être pas nécessaire.

» Les surtensions sont proportionnelles, non à la tension de service, mais à l'intensité du courant au moment de l'accident producteur de la surtension.

» Celle-ci serait donc, non de la forme αE , mais de la forme $a + E$ où $a = \text{const.}$, et l'on serait donc autorisé à réduire, pour les très hautes tensions, la tension d'essai.

» Au Congrès de Marseille, M. de Marchena a, par exemple, proposé pour l'essai à l'usine, la formule $2E + 10\,000$ volts.

» Cette formule paraît un peu arbitraire, car, quelle valeur attribuer à l'intensité de rupture qui détermine la surtension?

» Si l'on admet que le courant est coupé au moment de son maximum, le calcul donne pour la surtension, des chiffres invraisemblables, de l'ordre de 200 000 volts.

» Il faut donc ici demander à l'expérience directe ou à l'observation, dans quelle mesure on peut, pour les câbles au delà de 25 000 volts, réduire la tension d'essai à l'usine. Jusqu'à ce qu'on soit édifié à cet égard, il sera prudent de s'en tenir à la formule des Syndicats.

» *Isolement.* — Il est des morts qu'il faut qu'on tue, même plusieurs fois.

» Il est assez curieux de voir, l'année même où la circulaire ministérielle du 21 mars 1910 ensevelit d'une phrase brève et dédaigneuse l'isolement kilométrique jusque-là imposé aux câbles par les règlements officiels, cet isolement tenace reparaitre dans le cahier des Syndicats.

» Depuis le temps déjà lointain où, sous la présidence de M. E. Sartaux, la Section des Canalisations de notre Société a mis la question à l'ordre du jour, personne ne s'est levé pour défendre la mesure, sous basse tension, de l'isolement à l'Usine. M. de Marchena, au Congrès de Marseille, en a reconnu la parfaite inutilité.

» Voici un câble destiné à fonctionner à 13500 volts en courant alternatif. Aux termes du Cahier des charges, nous lui appliquerons 40500 volts efficaces, soit 56700 volts maxima pendant un quart d'heure, 27000 volts efficaces, soit 37800 volts maxima pendant une heure.

» Le diélectrique sort victorieux de la rude épreuve. Alors, gravement, nous lui appliquons 100 volts, moins de $\frac{1}{2}$ pour 100 de la tension maxima qu'il a déjà subie.

» Quelle peut être l'utilité d'un pareil essai ?

» Mais, direz-vous, si l'on renonce à étudier les propriétés du diélectrique sous une très basse tension, dans des conditions toutes différentes de celles où il fonctionnera, on pourrait du moins compléter l'essai de rigidité en insérant, pendant cet essai, un ampèremètre à fil chaud sur le circuit haute tension du transformateur.

» Il suffirait de déduire, de la lecture, le courant de charge calculé, pour avoir, par différence, le courant de perte et la résistance du diélectrique dans les conditions de l'expérience.

» Sans doute ; mais, si l'on voulait à toute force réglementer le chiffre trouvé, ce n'est pas un minimum d'isolement qu'il faudrait stipuler, c'est plutôt un maximum.

» Tout le monde sait qu'il suffit d'avoir la main un peu lourde pour le dosage de la résine dans le mélange isolant pour donner à l'isolement kilométrique du câble, à l'ébahissement des badauds, des valeurs de 40000 à 50000 mégohms.

» Mais, presque tous les exploitants se rendent compte main-

tenant qu'un câble, aussi magnifiquement isolé, ne possède qu'une armure de verre, prête à voler en éclats au premier choc mécanique ou électrique.

» Pour faire un bon câble à haute tension, il faut y mettre beaucoup d'huile. Mettre beaucoup d'huile, c'est s'interdire les hauts chiffres d'isolement.

» Il y a évidemment une limite : c'est celle où la résistivité du diélectrique deviendrait tellement faible que la perte en exploitation cesserait d'être négligeable. Mais nous n'en sommes pas là, car l'expérience des transformateurs montre que, si l'on pouvait isoler un câble à l'huile pure, il ne subirait pas, en exploitation, de perte appréciable.

» Nous n'avons donc pas à nous préoccuper de cette difficulté qui n'est pas née et dont l'apparition reste bien improbable.

» Pourquoi, direz-vous donc, le Syndicat professionnel des Industries électriques a-t-il admis l'essai d'isolement à l'Usine ?

» Pour cette raison bien simple que le chiffre de 500 mégohms kilométriques ne peut gêner personne. Je regrette cependant que cette concession ait dû être faite.

» Le maintien d'un essai d'isolement à basse tension, dans le Cahier des charges type de l'Union, excitera toujours les incompetents à forcer le chiffre de l'isolement exigé dans leurs cahiers particuliers.

» Espérons que les Syndicats d'électricité ressentiront quelque honte de se trouver, pour la première fois, en retard sur les règlements administratifs, et que la prochaine édition de leur Cahier des charges ne contiendra plus trace de l'essai suranné d'isolement à l'Usine.

» *Essais après pose.* — L'essai de rigidité après pose, appliqué à l'ensemble des câbles et accessoires, doit être fait à deux fois la tension normale pendant 15 minutes, entre conducteurs; l'essai entre conducteurs et armature sera fait, soit à la même tension, soit à une fois et demie la tension normale.

» Ce dernier cas sera notamment celui des installations fonctionnant avec le point neutre à la terre. Vous retrouverez appliquées, ici encore, les conclusions des discussions à la Société des Électriciens.

» D'après le Cahier des charges, les appareils pour l'essai doivent être fournis par l'acheteur.

» S'il n'y a pas de difficulté sérieuse à essayer ainsi les câbles fonctionnant à 5000 volts et au-dessous, il n'en est plus de même aux tensions supérieures. Aussi doit-on souvent renoncer à l'essai de tension après pose, faute des moyens matériels de pouvoir y procéder.

» M. Armagnat vient de vous exposer une méthode permettant de tourner cette difficulté.

» *Essai d'isolement après pose.* — L'essai d'isolement sous 200 volts, tel que le prévoit le Cahier de l'Union, a ici une double utilité :

» Si, pour une raison quelconque, on ne peut procéder à l'essai de haute tension, l'essai à 200 volts peut y suppléer, mais dans une faible mesure seulement, car s'il peut déceler des rentrées d'eau, il est impuissant à révéler des brisures du diélectrique ou même le percement du plomb et de l'isolant dans un terrain sec.

» Le résultat qu'il donne fournit en outre un terme de comparaison. En relevant, à intervalles réguliers, l'isolement du réseau, on constatera s'il a tendance à baisser d'une manière continue, ce qui révélerait des rentrées d'eau.

» Il n'y a donc, à mon avis, aucune objection à présenter au maintien de cet essai, d'autant plus que le chiffre imposé n'est que de 200 mégohms à 10° C.

» Même observation en ce qui concerne l'essai en fin de garantie, soit 14 mois au plus à dater de la livraison.

» L'isolement garanti n'est que de 50 mégohms à 10°, tous les abonnés étant débranchés. Cette dernière précaution est nécessaire, car on sait à quel point un seul branchement exposé à l'humidité des caves, fait tomber le chiffre d'isolement.

» J'ajoute que le minimum d'isolement imposé permet, pendant la durée de la garantie, de fixer le moment où le constructeur doit intervenir pour la recherche et la réparation du défaut.

» Telles sont les quelques observations que j'avais à vous présenter. Vous reconnaîtrez, je l'espère, que ce Cahier des charges de l'Union des Syndicats, sans prétendre à la vérité absolue, est logique, acceptable pour tous et ne demande à être complété ou amendé pour le moment que sur deux points :

- » 1° La valeur de la tension dans l'essai de rigidité ;
- » 2° L'essai d'isolement à l'Usine.
- » Le premier dépend d'expériences à faire, le second est seulement soumis au bon vouloir des exploitants.
- » Souhaitons que ceux-ci consentent à abandonner une ancienne habitude d'esprit à laquelle ils ne tiennent peut-être tant qu'à raison de son ancienneté même. »

Cahier des charges relatif aux câbles sous plomb armés et à leurs accessoires, destinés à supporter des tensions supérieures à 2000 volts.

« Le présent Cahier des charges a pour but de régler les conditions de livraison, d'essais, de garantie, de pose, etc., ainsi que les spécifications des câbles armés.

» I. SPÉCIFICATION DE LA COMMANDE. — Les câbles faisant l'objet de la présente commande seront livrés pour former des longueurs totales de constituées par des pièces de mètres de longueur ⁽¹⁾.

» La commande comprend également les accessoires nécessaires à la pose des câbles, tels que boîtes de jonction, de branchement, d'extrémité et de coupe-circuits.

» Ces accessoires devront être construits de telle façon qu'ils puissent supporter après montage, sans aucune détérioration ni échauffement, les mêmes tensions et surcharges que les câbles faisant l'objet de la présente commande.

» Ils devront être tout spécialement étudiés pour éviter l'introduction de l'humidité, quelle que soit la nature du sol dans lequel ils seront placés.

» II. SPÉCIFICATION DU CÂBLE. -- Le câble sera constitué par un ou plusieurs conducteurs de chacun ...mm², ou ayant respectivement les sections de ...mm² ⁽²⁾.

« Chaque conducteur sera composé par un fil ou une corde en cuivre rouge recuit de haute conductibilité. La résistivité en sera au maximum de 1,6 microhm-centimètre à 0° (étalon Matthiessen 1,593 à 0°), le coefficient de variation avec la température étant de 0,0042.

» Chaque conducteur sera recouvert d'une gaine isolante et les conducteurs ainsi

⁽¹⁾ Dans les voies encombrées par branchements d'eau ou de gaz et par de nombreuses traversées, il y a intérêt à ne pas avoir de pièces trop grandes; au contraire, lorsque le déroulage peut se faire facilement et sans boucle, il est préférable d'employer de grandes pièces afin de réduire le nombre des jonctions.

La longueur des pièces est généralement limitée par le poids des bobines et la difficulté de leur manutentionnement. Ces longueurs peuvent varier de 80 m à 150 m pour les plus gros câbles et atteindre 500 m au maximum pour les plus petits.

⁽²⁾ La section du câble est égale à la somme des sections des fils le composant.

constitués seront câblés entre eux avec interposition d'un bourrage isolant pour combler les vides et avoir ainsi une forme cylindrique aussi régulière que possible.

» Ce cylindre pourra être recouvert d'une nouvelle gaine isolante et sera placé dans un ou deux tubes de plomb, sans soudures, le plomb sera entouré d'un matelas de filin goudronné et le tout recouvert d'une armature constituée par deux feuillards d'acier d'une épaisseur de 0,7 mm à 1,2 mm, protégés par un matelas de filin ou de toile goudronnés.

» Les deux feuillards seront enroulés l'un sur l'autre dans le même sens, de manière à se recouvrir d'une quantité au moins égale au tiers de leur largeur, et ne devront par conséquent laisser en aucun point la gaine de plomb en vue.

» Dans le cas où l'acheteur le demanderait, les deux feuillards pourraient être remplacés par une armature en fils d'acier.

» On différenciera les conducteurs les uns des autres, par exemple par un certain nombre de fils étamés, par des rubans de couleur différente, etc.

» **III. DENSITÉ DU COURANT.** — Les câbles pourront supporter pendant un temps indéfini une intensité de courant en ampères par millimètre carré indiquée dans le Tableau ci-dessous :

Section de chaque conducteur en mm ² .	Jusqu'à 3000 volts.	De 3000 à 10 000 volts.	Au-dessus de 10 000 volts.
5 à 20	3,5	3,0	2,5
20 à 50	2,5	2,5	2,5
50 à 100	2,0	2,0	2,0
100 à 200	1,5	1,4	1,4

» Au-dessus de 200 mm², les densités de courant feront l'objet de conventions spéciales.

» Les densités de courant ci-dessus s'appliquent aux câbles torsadés et ne peuvent être adoptées pour les câbles concentriques.

» **IV. ESSAIS DE RÉCEPTION DES CÂBLES A L'USINE.** — Les essais des câbles auront lieu à l'usine du fournisseur à des dates fixées après entente avec l'acheteur. Les appareils nécessaires seront fournis par le constructeur.

» *a. Tension.* — Les câbles seront soumis d'abord pendant 15 minutes (entre les conducteurs et entre les conducteurs et l'armature) à une tension correspondant à trois fois la tension de fonctionnement normal, et ensuite pendant une heure à une tension double de la tension normale.

» Toutefois la tension entre les conducteurs et l'armature pourra être réduite à deux fois la tension normale pour l'essai de 15 minutes et à une fois pour l'essai d'une heure.

» *b. Isolement.* — La résistance d'isolement des câbles sera d'au moins 500 mégohms à la température de 10° C. par kilomètre, sous une tension de 100 volts ⁽¹⁾.

(¹) L'isolement des câbles sous cellulose imprégnée baisse très rapidement avec

Ces essais doivent être faits par la méthode de déviation comparée, et l'isolement minimum indiqué devra être obtenu soit entre les conducteurs, soit entre chaque conducteur et l'armature. La mesure sera faite après 2 minutes d'électrification. Les essais seront faits par le personnel du constructeur.

» **V. EMBALLAGE. TRANSPORT.** — Les bobines ou tourets servant à l'emballage seront facturés au moment de l'expédition et remboursés pour les $\frac{9}{10}$ de leur valeur après leur retour fait franco à l'usine des constructeurs, en bon état, aux frais de l'acheteur, si ce retour s'effectue dans le délai maximum de 6 mois.

» Les câbles seront sous la surveillance et sous la responsabilité du constructeur jusqu'à l'arrivée au point de livraison.

» **VI. POSE.** — Si l'acheteur le demande, la pose sera effectuée par les soins et sous le contrôle du constructeur.

» A cet effet il fournira les appareils nécessaires au déroulage des câbles dans les tranchées ⁽¹⁾, il surveillera le déroulage: il fournira et montera les boîtes de jonction, de dérivation et d'extrémité nécessaire.

» L'acheteur fournira tous les manœuvres nécessaires au déchargement, à la manutention des tambours et du matériel de pose et de déroulage du câble; il se chargera de l'exécution des tranchées, du remblayage, de la réfection du sol, de la fourniture des grillages et autres accessoires, du gardiennage, de l'éclairage, du magasinage des câbles et de l'outillage du constructeur. Les droits d'octroi, s'il y a lieu, seront à sa charge.

» L'avancement des tranchées et les livraisons des câbles seront réglés de manière qu'il n'y ait pas de temps perdu ni pour le constructeur ni pour l'entrepreneur de terrassement.

» **VII. ESSAIS APRÈS POSE.** — Au plus tard 15 jours après la pose, il sera procédé aux essais de tension et d'isolement aux conditions ci-après :

» *a. Tension.* — La canalisation posée par les soins du constructeur, y compris les boîtes de jonction et d'extrémité et de dérivation, sera soumise à une tension de deux fois la tension normale du réseau, soit entre conducteurs, soit entre chacun des conducteurs et la terre, pendant 15 minutes, le courant et les appareils nécessaires à l'essai étant fournis par l'acheteur et acceptés par le constructeur.

» Toutefois la tension entre les conducteurs et l'armature pourra être réduite à une fois et demie la tension normale.

» *b. Essai d'isolement.* — La canalisation, constituée comme il est dit ci-dessus, devra avoir une résistance d'isolement d'au moins 200 mégohms par kilomètre à 10° C. Les appareils nécessaires à cet essai seront fournis par le constructeur.

» La tension d'essai sera au moins de 100 volts.

l'élévation de température; le coefficient de correction dépendant du mode de construction, il y aura donc lieu de tenir compte de ce coefficient si la température d'essai n'est pas de 10°.

(1) L'entrepreneur pourra faire payer une location pour ce matériel.

» VIII. GARANTIES. — Les câbles sont garantis contre tout vice de matière, de fabrication ou de pose pendant une durée d'un an à partir de la mise en service, et au plus de 14 mois à partir de la livraison de ces câbles (*date de la facture*) à condition que la pose soit faite par les soins et sous le contrôle du constructeur, dans les conditions mentionnées ci-dessus.

» Dans le cas où la pose serait faite par l'acheteur, les mêmes garanties sont maintenues, mais seulement contre tout vice de matière ou de fabrication.

» A la fin de la période de garantie, la résistance d'isolement des canalisations sera de 50 mégohms par kilomètre à 10° C.; les essais, s'il y a lieu d'en faire, étant toujours à la charge et aux frais de l'acheteur dans les conditions indiquées ci-dessus.

» Il est entendu que cet isolement est compris les abonnés débranchés.

» Lorsqu'il se produira un accident provenant, à l'exclusion de toute autre cause, d'un défaut de matière, de fabrication, ou de pose, si elle a été faite par le constructeur, celui-ci devra réparer la canalisation dans le plus bref délai et à ses frais.

» La responsabilité du constructeur est seulement limitée à la mise en état ou au remplacement de la partie défectueuse sans qu'il puisse résulter pour lui de dommages-intérêts.

» Il aura également à sa charge tous les frais qui auront été occasionnés par cette réparation tels que : fouilles, réfections de trottoirs, etc., la valeur des travaux étant limitée à ce qu'aurait exigé la remise en état dans les conditions où se trouvait le sol au moment de la pose de la canalisation, sauf réserve faite par le constructeur au moment de la passation de la commande.

» IX. DÉLAI DE LIVRAISON. — Les câbles faisant l'objet de la présente commande et leurs accessoires devront être livrés..... à..... dans un délai de..... à partir de la date de la signature du présent marché.

» X. PRIX DE LA FOURNITURE ⁽¹⁾. — Les fournitures faisant l'objet du présent marché seront livrées aux prix suivants :

» XI. PAYEMENT. — Les conditions généralement acceptées sont les suivantes :

» 30 pour 100 à la commande;

» 30 pour 100 à la fin de chaque mois de pose, et au plus tard 2 mois après notification que les câbles sont prêts à être reçus en usine;

» 30 pour 100 à fin de mois des essais après pose, qui devront avoir lieu comme il est dit ci-dessus, et au plus tard 2 mois après le second paiement;

» 10 pour 100 à la fin de garantie, au plus tard 1 an et 2 mois après le deuxième paiement.

(1) Variation des prix des câbles avec le cours du cuivre et du plomb. On prend généralement comme base le cours du cuivre électrolytique (Electrolytic Wire Bars) d'après le *Daily Commercial Report*, et l'on admet une variation de prix de 0.30 fr par millimètre carré de section (section totale des conducteurs) et par kilomètre de longueur pour chaque livre en plus ou en moins.

On tient compte également de la variation du cours du plomb.

» XII. **CONTESTATIONS.** — Toutes les contestations auxquelles pourraient donner lieu l'interprétation et l'exécution des clauses du présent contrat seront tranchées par deux experts, chacun d'eux étant désigné par l'une des parties qui, si cela est nécessaire, désigneront un tiers expert pour les partager. En cas de désaccord sur la désignation du tiers expert, il sera choisi par le président du tribunal.

» Si un accord était impossible, le cas serait soumis à la juridiction du tribunal de.....

» Les droits, doubles droits ou amendes éventuelles perçus à l'occasion du présent contrat seront à la charge de la partie qui aura donné lieu à la perception de ces droits. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Grosselin.

**QUELQUES REMARQUES A PROPOS DE L'ARRÊTÉ DU 21 MARS 1910
ET DES INSTRUCTIONS DE L'UNION DES SYNDICATS.**

M. BOUCHEROT. — « Dans notre réunion de juillet, M. Brunswick nous a présenté un certain nombre de documents que je ne me propose pas d'examiner à fond, car ce serait une trop longue besogne, mais au sujet desquels quelques remarques sont utiles.

» D'abord l'arrêté technique du 21 mars 1910. J'ai dit, dans la lettre qui a paru dans notre *Bulletin* de février 1910, pourquoi j'ai trouvé utile que les 1^{re} et 4^e sections du Comité mettent à l'étude les lois, décrets, arrêtés, etc., concernant l'industrie électrique. Il y avait une autre raison, que je devais taire à ce moment, tenu que j'étais à une certaine réserve comme Président de la Société, mais que je veux dire aujourd'hui que je suis redevenu simple membre. J'ai voulu attirer l'attention sur cette contradiction : quand on fait des lois concernant le Commerce, on consulte les Chambres de Commerce ; quand on fait des lois concernant le Travail, on consulte les Syndicats patronaux et ouvriers ; quand on fait des lois sur la Littérature, les Arts, etc., on consulte les Sociétés littéraires, artistiques, etc. Pourquoi ne consulte-t-on pas les électriciens quand on fait des lois ou autres actes de l'Autorité concernant l'Électricité ?

» Il se trouve maintenant que, grâce à la présence de quelques-uns de nos membres, et des meilleurs, dans le Comité permanent d'Électricité, on a tenu compte dans une certaine mesure, dans le nouvel arrêté, des principales observations faites dans les séances des sections du Comité de notre Société. C'est mieux, mais c'est encore insuffisant à mon avis. Je réclame, pour notre Société qui a prodigué les preuves de son dévouement à la chose publique, qui compte des compétences reconnues universellement, qui comprend des techniciens de toutes les catégories de l'Électricité, le droit d'être considérée par l'État comme le représentant autorisé des Électriciens français, le droit de lui donner, gratuitement, des conseils désintéressés appuyés sur une science certaine.

» Le but de mon intervention n'est pas de critiquer l'arrêté du 21 mars 1910. Je veux simplement faire remarquer à nos collègues qu'il peut être imprudent de prendre certaines dispositions qu'on

peut être tenté d'adopter pour échapper au classement en seconde catégorie d'après les dispositions de cet arrêté et du décret du 11 juillet 1907 relatif à la sécurité des travailleurs.

» L'article premier est ainsi libellé :

« Les distributions d'énergie électrique doivent comporter des
» dispositifs de sécurité en rapport avec la plus grande tension de
» régime existant entre les conducteurs et la terre.

» Suivant cette tension les distributions d'énergie électrique sont
» divisées en deux catégories :

» *Première catégorie.* — A. Courant continu. Distributions dans
» lesquelles la plus grande tension de régime entre les conduc-
» teurs et la terre ne dépasse pas 600 volts.

» B. Courant alternatif. Distributions dans lesquelles la plus
» grande tension efficace entre les conducteurs et la terre ne
» dépasse pas 150 volts.

» *Seconde catégorie.* — Distributions comportant des tensions
» respectivement supérieures aux tensions ci-dessus.

» Avec le renvoi suivant après le premier alinéa :

» Dans les distributions triphasées, cette tension est évaluée par
» rapport au point neutre supposé à la terre. »

» Cherchons d'abord à comprendre, sans parti pris de critique.

» Il n'y a pas à proprement parler de *tension de régime* entre un conducteur et la terre dans une distribution isolée pratiquement : il y a entre chaque conducteur et la terre une tension excessivement variable suivant les circonstances et variable d'un moment à l'autre dans une même installation. Supposons, par exemple, que dans une distribution à courant continu, 110 volts, il y ait un appareil tel que A (*fig. 1*) ayant près d'une de ses bornes un défaut d'isolation représenté ici par une résistance le reliant à la terre T. La mise en marche ou l'arrêt de cet appareil a pour effet de faire varier considérablement la tension entre chaque conducteur et la terre.

» Il n'y a de tension de régime entre les conducteurs et la terre que dans les installations dont certains points sont mis à la terre volontairement ; ce n'est pas le cas généralement (1).

(1) Encore faut-il faire abstraction des distributions à intensité constante, qui, sans être nombreuses, existent cependant.

» Vent-on dire par là que si une installation n'est pas mise délibérément à la terre elle n'a pas de catégorie? Je ne pense pas.

» Alors supposons que « *de régime* » soit de trop.

» Il y a encore le renvoi qui m'embarrasse. Je ne comprends pas pourquoi les installations triphasées ont le privilège d'avoir leur

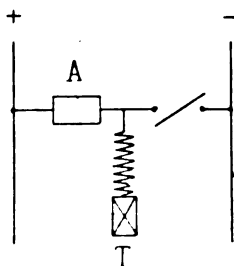


Fig. 1.

neutre supposé à la terre, quand il n'y est pas. Toutes les distributions ont, non pas un, mais des points neutres, c'est-à-dire des points présentant la même différence de potentiel efficace avec tous les conducteurs principaux. Mais, dira-t-on, ils sont cachés, ils ne sont pas mis en évidence comme le neutre d'un couplage étoile triphasé. Ceci est sans importance pour *supposer* une mise à la terre; dans une installation triphasée dont tous les appareils sont groupés en triangle, le neutre n'est pas non plus en évidence.

» Alors il n'y a que deux façons d'interpréter : ou bien le renvoi s'applique quel que soit le nombre de phases, et en particulier aux installations à courant alternatif simple (qui logiquement devraient s'appeler *diphases*); ou bien il faut le prendre à la lettre et ne l'appliquer qu'au triphasé.

Dans le premier cas, c'est parfait; une installation à courant alternatif simple à 300 volts entre fils, *isolée*, est classée en première catégorie, comme une installation triphasée à 260 volts entre fils, *isolée*.

» Dans le second cas, une installation à courant alternatif simple à 300 volts entre fils, *isolée*, doit être classée en seconde catégorie puisque la tension entre un conducteur et la terre peut excéder 150 volts. Pour échapper à ce classement, qui est ennuyeux, on a la ressource d'*extraire un neutre* d'une manière quelconque et de le mettre à la terre; il n'y aura ainsi que 150 volts entre chaque

conducteur et la terre ; on sera en première catégorie (*fig. 2*). Mais il ne me paraît pas douteux que c'est l'installation de première catégorie qui est la plus dangereuse. Dans les deux cas on peut toucher les deux fils avec les deux mains ; la probabilité de danger est

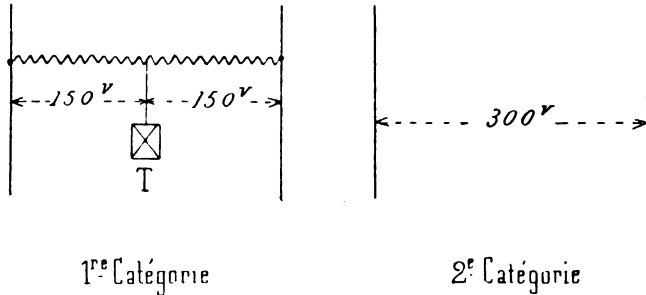


Fig. 2.

la même pour les deux installations à cet égard. Mais on peut aussi — et c'est beaucoup plus fréquent — ne toucher qu'un fil avec une main, ayant les pieds à la terre par humidité ou autre cause.

» Si 750 ohms sont la résistance du corps humain — valeur moyenne — il passera $\frac{2}{10}$ d'ampère dans le corps par contact franc avec un conducteur de l'installation de première catégorie (1). C'est plus qu'il n'en faut probablement pour provoquer la mort en quelques secondes, ou dizaines de seconde, si l'on reste en contact. Pour avoir ce même courant en touchant un conducteur de l'installation de seconde catégorie (2), il faudra que l'isolement de l'autre conducteur soit tombé à 750 ohms.

» Si α est la probabilité pour qu'on touche un fil, pieds à terre, bons contacts ; si β est la probabilité pour que l'isolement d'un fil descende au-dessous de 750 ohms, la probabilité d'avoir au moins 0,2 ampère dans le corps est dans les deux cas :

Première catégorie : 2α .

Seconde catégorie : $\frac{\alpha\beta}{2} + \frac{\alpha\beta}{2} = \alpha\beta$, avec β beaucoup plus petit que 2.

» Mais $\frac{\beta}{2}$ qui est le rapport des probabilités pour que le courant dans le corps soit au moins de 0,2 ampère, n'est pas celui des probabilités de mort parce que dans le cas de l'installation de seconde catégorie les choses se compliquent par la possibilité que ce courant

atteigne 0,4 ampère; la mort peut venir plus rapidement et il peut y avoir des contractions musculaires empêchant l'accidenté d'abandonner le contact. Ce n'est pas chiffrable pour le moment.

» Il vaut donc mieux, je crois, recommander de ne pas mettre à la terre et d'ajouter un dispositif prévenant lorsque l'isolement (réel ou apparent dans le cas de capacités) descend sur l'un ou l'autre fil à moins d'une certaine valeur, 2000 ou 3000 ohms, par exemple, pour une installation de basse tension.

» J'aborde maintenant les Instructions de l'Union des Syndicats pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs électriques.

» Elles nous ont été présentées, je dirai même recommandées; il est nécessaire que quelqu'un dise ce que d'autres se contentent de penser; le silence à leur égard aurait les apparences d'une adhésion et d'un consentement universels.

» En nous les présentant, M. Brunswick a eu soin de nous dire qu'elles résultent de minutieux débats et qu'on y retrouve l'influence prépondérante de nos travaux. J'ai bien le droit de dire que je n'y vois que des ruines de ce que nous avons fait jadis à la première Commission pour la Marine. Des débats pour l'élaboration de ces instructions, il y en eut certainement : à chaque page on en retrouve la trace : partout on devine les tiraillements en sens inverse des deux syndicats en collaboration pour la recherche de la vérité la plus propice. Quant aux soins apportés à la rédaction, vous en jugerez tout à l'heure. En somme, ce document n'est recommandable ni dans le fond, ni dans la forme, j'ai le regret de le dire. Je ne suis d'accord avec M. Brunswick que sur ce fait qu'il a fallu une réelle persévérance pour vouloir concilier quand même des points de vue opposés. A-t-on réussi? Non. Parce qu'on ne peut pas toujours concilier, parce qu'il y a des moyennes qu'on ne peut pas faire, parce qu'il y a des choses qu'on ne peut pas couper en deux sans les faire périr.

» Voyons la brochure.

» J'ai d'abord un reproche d'ordre général à faire à ce document; c'est que dans chaque article on y traite de toutes les machines à la fois. Je sais bien que c'est ainsi que sont faits les règlements étran-

gers, mais ce n'est pas une raison pour que j'admire; et, quand on arrive 10 ans plus tard on peut faire mieux. Il y a à cette manière de faire deux inconvénients sérieux:

» 1° On est conduit ainsi à une rédaction des plus confuses, qu'on a peine à suivre sans énervement. Voyez, par exemple, page 4 (§ 2, *b* en particulier) (1).

» On en arrive même à ne plus savoir exactement ce qu'on dit. Ainsi page 5, paragraphe 4, on parle de la *température des circuits d'excitation des transformateurs non immergés parcourus par du courant continu*.

» 2° On barre la route au progrès en laissant croire que les règles s'appliquent à toutes les machines présentes ou à venir. Cela, d'autant plus qu'on procède par exceptions en certains endroits. Ainsi, page 14, paragraphe 16, *b*, on dit : *Les conditions de surcharge ne s'appliquent pas aux moteurs synchrones et asynchrones à courant alternatif simple*. Cela veut bien dire qu'elles s'appliquent à tout le reste, même à ce qu'on ne connaît pas encore.

» Parcourons alors quelques articles :

» ARTICLE PREMIER (§ 1). — Pourquoi les deux alinéas *a* et *b* ?

» Puisqu'on y dit la même chose, on aurait pu mettre : « Pour les » génératrices à courant continu, les génératrices à courants alternatifs et les transformateurs statiques, en kilowatts aux bornes ».

» Mais de quelles bornes s'agit-il pour un transformateur ? Primaires ou secondaires ? Dans les petits appareils, il y a 10 pour 100 de différence, et plus. Et puis est-ce bien la puissance réelle qui doit servir à définir un transformateur ? Une carcasse donnée peut faire à peu près la même puissance *apparente* quel que soit le $\cos \varphi$; celui-ci n'influe que sur la chute de tension; tandis que la puissance réelle varie considérablement. Il vaudrait donc mieux que ce soit la puissance apparente.

» 1 c. Au sujet de la puissance des *réceptrices*, il est curieux de constater qu'au moment où les Anglais renoncent au cheval dans la Commission électrotechnique internationale, celui-ci subsiste

(1) « Je suis le texte sur la brochure même. La reproduction dans le *Bulletin* de juillet n'est pas tout à fait conforme à l'original; on peut cependant suivre suffisamment sur la reproduction. »

dans un document français qui vient de paraître. Les syndicats auraient fait preuve d'initiative avisée en ne conservant que le watt (et ses multiples décimaux), puisque celui-ci est maintenant, non seulement l'unité de puissance des électriciens, mais l'unité de puissance du système métrique depuis que le kilogramme est définitivement l'unité de masse.

» 2 a et 2 b. On parle ici de puissance *normale* : la puissance normale n'a été définie nulle part !

» D'après ce paragraphe et le précédent, que portera la plaque d'un alternateur ou moteur synchrone surexcité destiné à ne produire que du courant déwatté ou en quadrature (ou de la puissance magnétisante, ou réactive) ? Elle portera :

Puissance	o
$\cos \varphi$	o

et cela, quelles que soient les dimensions de la machine, pour une petite comme pour une grosse. Voilà des machines définies !

» Même s'il s'agit d'un moteur surexcité devant faire fonction de moteur, le $\cos \varphi$ seul n'indique pas que le moteur est surexcité, il faudrait y joindre le signe du sinus.

» Mais ici je trouve une excuse pour la brochure. Cette façon de faire tient à une habitude très répandue, parce que nos idées sur la production des courants alternatifs ne se sont précisées que très lentement. Il serait pourtant très utile qu'on s'habitue à considérer un alternateur comme un appareil générateur de puissance réelle et de puissance magnétisante (ou réactive, ou compensée). Nous savons tous que, électromagnétiquement parlant, la production de la puissance magnétisante est beaucoup plus pénible que l'autre et, par une inconséquence qui n'a son excuse que dans l'habitude, nous continuons à ne parler que de la puissance réelle dont la connaissance n'a d'intérêt que pour la partie mécanique de la machine : croisillon, arbre, paliers, poulie. Il faudrait donc, plus rationnellement, spécifier un alternateur par deux grandeurs *inséparables* :

» Soit la puissance *apparente* et le $\cos \varphi$,

» Soit la puissance réelle et la puissance magnétisante.

» Si nous passons au moteur synchrone, puisque le client veut généralement de la puissance mécanique, il faut indiquer la puis-

sance sur l'arbre ; mais j'ai montré tout à l'heure que l'indication du $\cos \varphi$ est chose insuffisante dans certains cas ; il vaudrait mieux le remplacer soit par la puissance apparente, soit par la puissance magnétisante entre bornes.

» Pour les moteurs asynchrones, la spécification de la puissance réelle sur l'arbre et du $\cos \varphi$ nous a parfaitement suffi jusqu'ici. Mais si l'emploi des génératrices asynchrones à rotor fermé se généralise — comme il se pourrait très bien, vu les ennuis que donnent les turbo-alternateurs actuels — il faudra autre chose, une telle machine étant génératrice de puissance réelle et réceptrice de puissance magnétisante. Il faudra encore autre chose si l'on arrive à mettre au point les génératrices et réceptrices asynchrones *excitées*.

» Afin de satisfaire à tous ces cas possibles, j'estime personnellement qu'il vaudrait mieux se décider à spécifier toujours la puissance réelle et la puissance magnétisante. Celle-ci serait toujours entre bornes, évidemment, mais affectée d'un signe ; l'autre serait tantôt entre bornes, tantôt sur l'arbre, suivant la fonction mécanique de la machine. Encore ajouterai-je que si les considérations commerciales n'étaient là pour primer tout, je préférerais que la puissance réelle soit toujours spécifiée entre bornes.

» Mais revenons à notre brochure.

» ARTICLE II (§ 4). — J'ai signalé une confusion dans le texte, mais on comprend tout de même. Voici quelque chose de plus grave :

« Les températures seront mesurées au thermomètre, mais elles » pourront être déterminées par l'augmentation de résistance. »

» Nous savons tous que ces deux manières de faire peuvent donner dans certains cas des différences de 20, 30 degrés et plus ; par conséquent des deux méthodes, il y en a une mauvaise. Plus exactement nous savons que la méthode de mesure par augmentation de résistance est la seule qui puisse renseigner à peu près sur la température interne des grandes masses de cuivre et qu'elle ne donne même pas la température maxima. Mais nous savons aussi qu'elle est difficilement applicable aux induits à collecteurs et que, pour cette raison seulement, on doit se contenter, pour ceux-ci, du thermomètre. Dès lors on aurait dû dire en résumé ceci : les tem-

pératures *doivent* être déterminées chaque fois qu'on le peut par l'augmentation de résistance: exceptionnellement, pour tel et tel organe, on pourra employer le thermomètre appliqué de telle ou telle manière. Il est évident que la rédaction ambiguë adoptée par les syndicats se prête à toutes les interprétations.

» Je n'insiste pas sur ce que les *transformateurs immergés* ont le privilège de voir leur température mesurée dans l'huile qui les baigne. Probablement parce que la différence entre leur température maxima et leur température externe est encore plus grande que pour les transformateurs non immergés?

» § 5. — Je ne veux pas discuter à fond de la question des températures, pas plus que pour le reste, mais je crois qu'elles seraient tout juste admissibles si les méthodes de mesures à employer étaient fixées avec précision et non de la manière que je viens de souligner.

» 60° d'échauffement au thermomètre pour une bobine d'inducteurs fixes isolée au coton, cela fait, avec 35° d'ambiante, 95° de température superficielle et peut-être 130° ou 140° de température maxima dans certains cas. En tenant compte des erreurs d'expérience possibles, et des surcharges de 20 et 30 pour 100 prévues à l'article III, où cela mène-t-il? Je ne sais pas, mais ce que je sais, c'est que les syndicats n'ont pas fait d'expériences sur la durée du coton, à l'état de coton, à ces températures.

» § 9 b. *Corrections.* — On dit : « Si la machine est appelée » à fonctionner dans un local où la température ambiante doit être » supérieure à 35°, les limites d'échauffement définies au para- » graphe 5 seront réduites dans le rapport $\frac{1}{1 + 0,005(\theta - 35)}$, θ étant » en service la température ambiante présumée du local. »

» Appliquons en supposant $\theta = 55^\circ$, il faut réduire l'échauffement dans le rapport $\frac{1}{1,1}$; s'il s'agit de bobines inductrices fixes au coton, il doit être réduit de 60° à 55°. En sorte que la température sera : 55° (ambiante) + 55° (échauffement dans une ambiante de 35°) + 5° (augmentation d'échauffement dans une ambiante de 55°) = 115° au lieu de 35 + 60 = 95. On a oublié de dire qu'il faut aussi déduire la différence des ambiances (1).

(1) Dans le *Bulletin* de juillet, M. Brunswick a ajouté un renvoi, mais la brochure ne le contient pas.

» § 11 *a*, *β*. — « Si le circuit en série [d'inducteurs compounds]
 » est extérieur au circuit dérivé [on prendra comme température]
 » la moyenne de la température du circuit dérivé déterminée par
 » comparaison des résistances et de celle lue au thermomètre
 » placé sur le circuit en série. »

» Ici on mesure la température du fil fin par la résistance (on ne peut pas faire autrement), c'est bien; mais cette moyenne? On cherche un maximum et l'on fait une moyenne! Ainsi on aura par exemple :

Ambiante	35°
Fil fin, par résistance.....	120°
Fil gros, par thermomètre	70°
Moyenne des fils.....	95°

la machine est reçue et cependant la température y est certainement de 130° au moins, sans les erreurs d'expérience et sans les surcharges prescrites.

» Messieurs, je ne vais pas plus loin; nous sommes au douzième paragraphe; il y en a comme cela 47. Ainsi que je vous l'ai dit en commençant, je n'ai pas voulu faire la critique du document dans son entier, mais montrer rapidement, par quelques exemples, que nous ne pouvons pas le laisser passer dans notre *Bulletin* en ayant l'air de l'approuver.

» J'ai beaucoup d'amitiés chez les constructeurs, mais ceci ne peut pas m'empêcher de dire ce que je pense à l'occasion. Au sujet des températures des machines, je me demande quand ils s'arrêteront dans cette ascension sur l'échelle thermométrique. Leur intérêt mieux compris serait d'enrayer ce mouvement: les machines chauffant moins, coûteraient plus cher, et le chiffre d'affaires pour l'ensemble des constructeurs serait plus élevé. Tenir rigoureusement la main au rejet des températures élevées serait peut-être le meilleur moyen de réduire la concurrence étrangère, car il ne faut pas croire qu'on puisse obtenir une bonne machine, chauffant peu, de 100 kilowatts par exemple, avec la carcasse d'une machine de 200 kilowatts chauffant beaucoup; bien des détails importants s'y opposent. Mais pour cela il faudrait avoir des règlements réunissant le consentement général en France.

» Les constructeurs ont cette faiblesse, bien naturelle, de penser qu'ils sont seuls autorisés à produire des règlements de cette nature,

parce qu'ils sont les premiers intéressés à ce que le contenu ne nuise pas à leurs affaires. Les exploitants de stations centrales pensent de même pour eux, quoique pour des raisons un peu différentes. Pour cette raison, les deux syndicats, après beaucoup d'hésitations, ont essayé de se mettre d'accord sur quelque chose.

» Mais bien d'autres gens sont intéressés à ce que de tels règlements soient établis avec un réel souci d'équité supérieure : il y a d'abord tous les clients qui ne sont pas électriciens et qui constituent la majorité de la clientèle des constructeurs ; c'est surtout en vue de ceux-ci que les règlements doivent être faits ; puis tous les électriciens qui sont clients sans être des syndicats ; puis ceux qui calculent les machines, ceux qui les dessinent, ceux qui les essayent en plate-forme, ceux qui les installent, ceux qui en ont l'entretien, la surveillance, chez le client, les ingénieurs-conseils, etc., en somme tous les électriciens, ou à peu près.

» Au lieu de demander à notre Société un acquiescement, une sorte d'« ainsi soit-il », après la publication de ses Instructions, l'Union des Syndicats aurait fait montre de quelques égards pour les autres électriciens en lui demandant de jouer le rôle d'arbitre désintéressé. Peut-être serait-il sorti de cette collaboration autre chose que cette traduction — plus ou moins revue et augmentée — des règlements étrangers.

» Je m'excuse encore une fois d'avoir dit des choses désagréables à quelques amis, mais je crois qu'il fallait le faire. »

M. HILLAIRET. — « Le classement des distributions d'énergie électrique en deux catégories, tel qu'il figure en tête de l'Arrêté du 21 mars 1910 (où il est reproduit de l'Arrêté du 21 mars 1908) et du décret du 11 juillet 1907, n'a donné lieu à aucune difficulté d'application.

» Ce classement avait été adopté par le Comité permanent d'Électricité un peu avant la promulgation de la loi du 15 juin 1906.

» Le dernier Arrêté (21 mars 1910) comporte, en note, pour les distributions triphasées, un commentaire qui constitue une définition et non un conseil : il y est simplement indiqué d'évaluer les tensions par rapport au point neutre.

» Ce classement des distributions en deux catégories a été proposé par une commission réunie en 1904 au Ministère du Commerce,

pour préparer les instructions incorporées par la suite dans le décret du 11 juillet 1907 (Ministère du Travail).

» Plusieurs de nos collègues, dont M. Picou, faisaient partie de cette commission.

» Au cours de nos travaux, nous nous sommes préoccupés de modifier le classement alors adopté en distributions à basse tension et distributions à haute tension.

» Ces expressions donnaient à la limite arbitraire des deux catégories de tensions l'apparence d'une discontinuité physique : nous avons préféré l'étiquette simplement numérique.

» Le choix de la tension entre un conducteur isolé et la terre a son origine dans la pratique des tramways : tension entre un fil de prise de courant et les rails employés comme conducteurs.

» Ce choix a été facilement admis ; il offrait en outre l'avantage d'indiquer naturellement la limite de 600 volts consacrée par l'usage pour le courant continu sur les voies publiques.

» La limite de 150 volts pour le courant alternatif reproduisait un nombre déjà adopté précédemment. Évaluée pour les distributions triphasées comme nous l'avons rappelé tout à l'heure, cette tension de 150 volts fait comprendre dans la première catégorie les distributions triphasées à 250 volts entre fils, si répandues dans les réseaux secondaires.

» Quoique la création d'une troisième catégorie ait été demandée à différentes reprises, en particulier par notre collègue M. Brylinski pour les tensions très élevées, nous estimons qu'il y a lieu de s'en tenir actuellement aux deux catégories ci-dessus ; les instructions techniques ministérielles, dont l'Arrêté du 21 mars 1910 est la dernière expression, sont revues périodiquement par le Comité permanent d'Électricité qui, depuis quinze ans, s'efforce de maintenir, dans ses travaux, une saine tradition de continuité, indispensable aux concessionnaires et à la clientèle des distributions électriques, ainsi qu'au contrôle.

» Les Instructions de l'Union des Syndicats de l'Électricité, telles qu'elles sont, ont déjà rendu service. Nous ne pouvons que demander à nos Collègues appartenant à chacun des Syndicats correspondants de continuer à collaborer et de se faire mutuellement confiance pour aboutir à une œuvre technique irréprochable.

» Je partage les avis de M. Boucherot au sujet des surcharges et de la mesure des excès de température des machines.

» Le Chapitre des surcharges d'essai est un perpétuel sujet d'équivoque :

» Quand le fonctionnement en surcharge est prévu dans un Cahier des charges avec une température peu élevée et un excellent fonctionnement général pendant une longue durée, cette condition est la véritable base du marché; on demande en réalité une machine plus puissante que celle qu'on a l'air de demander.

» Si, au contraire, aucune condition n'est fixée pour l'essai en surcharge, les offres comparées de la prudence et de l'audace déroutent l'acheteur le plus avisé.

» Quand il est question d'une machine devant fournir une certaine puissance en fonctionnement continu, le seul essai normal consiste à soutenir cette puissance pendant la plus grande durée possible fixée au gré des contractants.

» Pour la mesure des excès de température, il y a lieu de se garder des formules et des procédés fantaisistes.

» Si un Cahier des charges comporte des dérogations aux formules et aux procédés élémentaires, il peut y avoir lieu de s'abstenir, ou en tout cas on doit s'éviter toute surprise aux essais. »

M. le PRÉSIDENT remercie les orateurs qui ont pris part à la discussion ⁽¹⁾ provoquée par un document sur les termes duquel l'accord n'a pu se faire que moyennant des concessions de forme que critique M. Boucherot; que si, cependant, il paraît en ressortir le besoin d'une réglementation explicite et d'une application plus facile, on se garde de perdre de vue qu'un règlement de la matière peut avoir des conséquences néfastes sur les progrès incessants de l'importante question dont elle entraverait le développement.

La séance est levée à 10^h 40^m du soir.

(1) La suite de cette discussion aura lieu à la prochaine séance.

BIBLIOGRAPHIE.

Électrotechnique appliquée. Machines électriques (*Théorie, essais et construction*), cours professé à l'Institut électrotechnique de Nancy, par A. MAUDUIT, ancien Élève de l'École Polytechnique, avec une Préface de A. BLONDEL, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École nationale des Ponts et Chaussées. H. Dunod et E. Pinat, éditeurs. 1 volume xx-930 pages.

Cet Ouvrage est une refonte de l'édition épuisée de l'*Electrotechnique appliquée* du même auteur, rédigée d'après le cours qu'il professe à l'Institut électrotechnique de Nancy.

Le caractère pratique de ce traité et qui en justifie le succès, ressort du plan dans lequel l'auteur s'est renfermé : essais, calculs et construction, comme l'indique le titre.

Les applications seront traitées spécialement dans un Volume distinct dont nous n'avons qu'à souhaiter la prochaine apparition.

Une partie très importante, 8 chapitres sur 12, est consacrée aux courants alternatifs.

Les moteurs monophasés à collecteurs, en particulier, sont traités méthodiquement de façon très développée.

Cours d'Électricité et de Magnétisme. Tome I : *Théories générales, Électrostatique, Magnétisme, Électromagnétisme, Unités des mesures.* Tome II (2^e édition) : *Production, utilisation, transformation, transport et distribution de l'Énergie électrique,* par Émile PIÉRARD, Ingénieur honoraire des Mines, Professeur à l'Université libre de Bruxelles, Ingénieur en chef, Directeur du service technique à l'Administration des Télégraphes belges.

Le premier Volume est de théorie pure présentée sous forme concise, claire et facilement assimilable aux débutants.

Le second Volume présente, de son côté, un caractère éminemment pratique; le titre est assez explicite pour dispenser d'en détailler les Chapitres. La rapidité avec laquelle la première édition de cette partie de l'Ouvrage a été épuisée témoigne de sa valeur technique et de la faveur des lecteurs techniciens, en activité ou en formation, auxquels M. Piérard s'adressait.

L'Électricité à la campagne, par R. CHAMPLY. Desforges, éditeur, Paris, 1910.

Ce Volume, essentiellement pratique, s'adresse principalement aux ouvriers monteurs-électriciens et leur fait connaître les moyens les plus simples et les plus pra-

tiques pour l'installation et l'entretien des sonneries, téléphones, paratonnerres, dynamos, accumulateurs, éclairage, moteurs électriques, etc.

Les explications données par l'auteur sont accessibles à tous et se comprennent le plus souvent d'elles-mêmes par l'examen des figures et schémas qui les accompagnent.

L'auteur a déjà publié une dizaine d'Ouvrages de ce genre, embrassant des sujets pratiques divers.

Recherches sur l'ionisation produite par les rayons α . par M. MOULIN,
docteur ès sciences. Gauthier-Villars, éditeur, Paris, 1910.

Dans cette thèse, dédiée à M. Langevin, l'auteur étudie le rayonnement des rayons α , l'un des trois types qu'émettent les substances radioactives.

Les conclusions du travail expérimental de M. Moulin contribuent à développer les connaissances des physiciens sur les particularités du phénomène général de l'ionisation.

L'action électrique du Soleil, par A. NOBON, président de la Société astronomique de Bordeaux. Gauthier-Villars. Paris, 1910.

Dans ce petit Volume des Actualités scientifiques, M. Nodon étudie le rôle de l'action électrique du Soleil dans les phénomènes cosmiques et terrestres.

Cette action n'avait pas été étudiée avant M. Nodon. Celui-ci a découvert, par des expériences très délicates, que les radiations solaires, en rencontrant un corps conducteur isolé, lui communiquent une charge positive d'autant plus grande qu'elles sont plus intenses; aussi le passage de nuages devant le Soleil fait-il cesser le phénomène. Les variations de charge produisent nécessairement des effets d'induction électromagnétique, dont on s'expliquerait ainsi la provenance sur notre globe.

La nouvelle méthode d'étude du Soleil, créée par M. Nodon, est pleine de promesses. Les résultats acquis sont déjà nombreux et l'on peut espérer tirer de ces nouvelles observations de précieux renseignements pour la Physique et la Météorologie terrestre.

Distribution de l'Électricité. — Installations isolées, par M. R.-V. PICOU.
Encyclopédie des aide-mémoire Léauté. Gauthier-Villars, éditeur, Paris, 1910.

Ce petit Volume en est à sa troisième édition : c'est assez dire combien il est apprécié. Il partage d'ailleurs ce succès avec les deux autres Volumes : *Usines centrales*. *Lignes électriques aériennes*, publiés également par M. Picou dans l'Encyclopédie.

Dans la seconde partie, les tableaux et calculs relatifs aux résistances se trouvent complétés par les éléments du facteur d'impédance et de la chute de tension dans les conducteurs traversés par un courant alternatif. Un exemple complet illustre le procédé de calcul employé. A part cette addition, peu de choses ont été changées dans cette édition qui n'avait qu'à être réimprimée telle quelle.

La Radioactivité et la constitution de la matière, par MM. BATTELLI, OCCHIALINI et SHELLA. Gauthier-Villars, éditeur, Paris, 1910.

Les auteurs de cet Ouvrage appartiennent tous trois à l'Institut de Physique de l'Université de Pise, la traduction française que nous présentons étant due à M^{me} Battelli. Le but de ce travail est d'exposer aussi clairement et aussi complètement que possible l'état de nos connaissances sur les phénomènes radioactifs.

Les auteurs indiquent soigneusement la technique à suivre dans les expériences de radioactivité. Cette technique était à peine abordée dans les livres consacrés jusqu'ici à cette branche nouvelle de la Science.

Les hypothèses sur la constitution de la matière ont, comme conséquence de la découverte des phénomènes radioactifs, subi de nombreuses et quelquefois audacieuses modifications. Les auteurs discutent ces hypothèses et les théories qui en ont été déduites. L'Ouvrage contient aussi un index bibliographique très complet, relatant les principaux travaux sur la Radioactivité; il se termine par un tableau des substances radioactives où se trouvent réunies l'ensemble de leurs propriétés si curieuses.

Recherches sur la décharge des condensateurs, par M. A. LÉAUTÉ, docteur ès sciences. Gauthier-Villars, éditeur, Paris, 1910.

Quand on provoque la décharge d'un condensateur à travers une bobine de self-induction et qu'on analyse l'étincelle oscillante en la photographiant sur une pellicule mobile, comme un miroir tournant, on aperçoit, après le développement, un certain nombre de stries dans chaque oscillation d'une même étincelle. M. Léauté a étudié ce phénomène curieux, découvert par M. Hemsalech, et a trouvé que les stries n'existaient que si la bobine de self avait plusieurs couches de fil. Il a démontré, théoriquement et expérimentalement, que la capacité entre ces couches provoquait seule le phénomène.

La théorie de Thomson sur la décharge des condensateurs n'est donc exacte que si la bobine de self n'a qu'une seule couche. M. Léauté donne la théorie du phénomène dans le cas de plusieurs couches et démontre que l'ancienne théorie de Thomson (lord Kelvin) devient un cas particulier de la sienne.



LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

(Suite.)

**La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société, tous les jours,
de 3 heures à 6 heures, excepté les dimanches et jours de fêtes,
12, rue de Staël.**

France.

- Annuaire pour l'an 1911, publié par le Bureau des Longitudes.* Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-16, broché. (*Don de l'éditeur.*)
- Éléments de calcul vectoriel avec de nombreuses applications à la Géométrie, à la Mécanique et à la Physique mathématique,* par C. BURALI-FORTI et R. MARCOLONGO. Traduit de l'italien par S. LATTÉS. Paris, A. Hermann et fils, 1910; 1 vol. in-8, broché. (*Don de l'éditeur.*)
- Radioconducteurs (Les) et leurs applications à la Télégraphie et à la Têledynamique sans fil,* par E. BRANLY. (Extrait du *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, juillet 1910.) Paris, typogr. Philippe Renouard, 1910; 1 brochure in-4°. (*Don de l'auteur.*)
- Syndicat professionnel des Industries électriques. Annuaire 1910.* Paris, 9, rue d'Édimbourg, 1910; 1 vol. in-18, cartonné toile. (*Don du Syndicat professionnel.*)
- Technique (La) pratique des courants alternatifs à l'usage des électriciens, contremaîtres, monteurs, etc.,* par Giuseppe SARTORI. 3^e édition française, traduite de l'italien, revue et complétée par J.-A. MONTPELLIER. Tome I : *Exposé élémentaire et pratique des phénomènes du courant alternatif.* Paris, Dunod et Pinat, 1910; 1 vol. grand in-8, broché. (*Don des éditeurs.*)
- Traité de Physique,* par O.-D. CHWOLSON. Ouvrage traduit sur les éditions russe et allemande par E. DAVAUX. Tome III, 2^e fascicule : *Thermodynamique générale, fusion, vaporisation.* Paris, A. Hermann et fils, 1910; 1 vol. in-8, broché. (*Don de l'éditeur.*)
- Turbo-machines (Les) multicellulaires et leurs récentes applications,* par A. RATEAU (extrait des *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils,*

avril 1910). Paris, 19, rue Blanche, 1910; 1 vol. in-8, broché. (*Don de l'auteur.*)

Étranger.

De Bow van Het Silur van Gotland, par E.-C.-N. VAN HOLPEN. Delft, J. Waltman, 1910; 1 vol. in-4°, broché. (*Don de l'École supérieure technique de Delft.*)

Bijdrage tot de Kennis der Postcenomane Hypoabyssische en effusieve Gesteenten van Het Westelijk Müller-Gebergte in Central-Borneo, par J. SCHMUTZER. Amsterdam, 1910; 1 vol. grand in-8, broché. (*Don de l'École supérieure technique de Delft.*)

Bijdrage tot de Kennis der Constitutie van Het Bixine, par J.-F.-B. VAN HASSELT. Haarlem, J. Enschedé, 1910; 1 vol. in-8, broché. (*Don de l'École supérieure technique de Delft.*)

Onderzakingen in Verband met de Afscheiding van Fæzelolie uit Alcoholische Vloeistoffen, par F. FONTEIN. Delft, J. Walman, 1909; 1 vol. in-8, broché. (*Don de l'École supérieure technique de Delft.*)





GEORGES BERGER

1854 - 1910

Héliou Dujardin.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

SOMMAIRE.

Georges Berger et l'Exposition internationale d'Électricité de 1881 (M. G. Sciama), p. 659.
— Admission de Membres titulaires, p. 677. — Don pour l'École, p. 677. — A propos de l'Arrêté du 21 mars 1910 et des Instructions de l'Union des Syndicats (*Discussion*) (M. Brunswick), p. 678; (M. Brylinski), p. 686; (M. Legouéz), p. 693; (M. Boucherot), p. 694. — Compte rendu de l'excursion à Lens et à Bruxelles (M. le Président Bochet), p. 701. — Production et utilisation de l'énergie électrique aux Mines de Lens (M. Besson), p. 711. — L'inondation de janvier 1910 et le matériel électrique (Rapport des première et quatrième Sections du Comité) (M. Guéry), p. 729.

OUVRAGES OFFERTS, p. 750.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES CONTENUES DANS LE TOME X (2^e SÉRIE), p. 751.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS CITÉS DANS LE TOME X (2^e SÉRIE), p. 755.

GEORGES BERGER (1834-1910)

ET

L'EXPOSITION INTERNATIONALE D'ÉLECTRICITÉ DE 1881.

Le 8 juillet 1910 s'éteignait, après une longue maladie, le premier Président de la Société internationale des Électriciens, l'ancien Commissaire général de l'Exposition internationale d'Électricité de 1881, M. Georges Berger. Bien qu'il eût ainsi joué un rôle considérable à l'origine de l'industrie électrique, M. Georges Berger n'était ni un savant ni un électricien; — les remarquables

facultés de son intelligence souple et variée le portaient à de tout autres études ; — mais, par un de ces heureux concours de circonstances dont sa vie a montré tant d'exemples, il s'est trouvé l'initiateur en France de ce puissant mouvement industriel qui jaillit du double succès de l'Exposition et du Congrès de 1881.

Aussi, lorsque le Comité de notre Société m'a fait l'honneur de me demander une notice biographique sur son Fondateur, j'ai pensé que j'intéresserais davantage nos collègues à une mémoire qui m'est chère, en détachant cette page si glorieuse du reste de sa vie, pour la retracer avec quelques détails, qu'en suivant cette vie tout entière à travers les multiples fonctions de sa longue carrière, fonctions presque toutes étrangères à l'ordre de nos travaux.

A concevoir ainsi ma tâche, d'autres considérations me poussaient également.

Trente ans ont passé depuis l'Exposition, et des collaborateurs remarquables que le Commissaire général sut grouper autour de lui : des Antoine Breguet, Mascart, Hippolyte Fontaine, Potier, Baron, Blavier, Lemonnier, aucun ne survit. Pour la plupart des membres de notre Société ou des électriciens d'aujourd'hui, l'Exposition même s'efface dans la brume du passé, ignorée dans ses détails et ne s'imposant au souvenir des jeunes générations que par ses glorieux résultats. J'ai eu la bonne fortune d'y participer quelque peu à un âge où les impressions profondes se fixent définitivement dans la mémoire, et si je puis faire revivre ces mois de l'année 1881, où la France connut un si mémorable succès, j'aurai non seulement rendu à M. Georges Berger l'hommage qui lui eût été le plus sensible, mais associé à son nom dans cet hommage, comme il l'eût voulu, les noms de ceux qui furent avec lui les artisans de la grande œuvre accomplie.

On peut avouer que l'Exposition de 1881 eut des parrains de rencontre. Trois financiers hardis et conscients de l'avenir de cette nouvelle industrie dans laquelle ils avaient déjà engagé des capitaux, MM. Durrieu, de Reinach et Soubeyran, et un personnage pseudo-scientifique, dont l'énigme retentissante reste encore mystérieuse, le Dr Cornélius Herz, en eurent l'idée, dans un dîner de cabaret, pour initier le grand public aux découvertes qu'ils

voulaient mettre en valeurs. Ils s'en ouvrirent au Ministre des Postes et Télégraphes, M. Cochery ⁽¹⁾.

Celui-ci, homme à l'esprit actif et bienveillant, heureux d'une perspective qui grandissait le rôle de son Ministère un peu effacé, accueillit le projet avec faveur, à condition que l'État n'en assumât pas la charge financière; — on sortait à peine et avec trop de peine de la triste expérience de 1878, et nul n'eût eu le courage de la recommencer. Tout au plus laissa-t-il espérer une subvention gouvernementale.

Il réclama donc, pour prendre l'initiative d'un décret, la souscription d'un capital de garantie de 500 000 fr. En peu de jours on en réunit 700 000. Toutes les grandes banques, les Compagnies de chemins de fer, la Banque de France, la Chambre de Commerce, s'inscrivirent pour une ou deux parts de 10 000 fr.

Mais l'idée était plus facile à concevoir qu'à réaliser. Pour grouper, en effet, cette variété disparate de tant d'efforts encore hésitants et les présenter au public en un tableau intéressant et ordonné, il fallait un homme à la fois précis et imaginaire, méthodique et artiste, ayant déjà compétence et autorité en matière d'exposition. MM. Durrieu et Soubeyran connaissaient M. Georges Berger; ils le proposèrent au Ministre qui l'agréa de suite comme Commissaire général.

Aucun choix ne pouvait être plus heureux.

D'une excellente famille franc-comtoise, M. Berger, après de solides études, était entré à l'École supérieure des Mines, d'où, muni de son diplôme, il avait passé au Service de la construction du Chemin de fer du Nord. Mais il s'était vite lassé du métier un peu monotone d'ingénieur subalterne. Son intelligence brillante et ouverte ne le laissait pas longtemps prisonnier de fonctions exclusives.

Les études historiques, la critique d'art, l'économie politique l'attirèrent tour à tour. Il connut Le Play et subit nécessairement l'influence de ce puissant esprit. Lorsque celui-ci fut nommé Commissaire général de l'Exposition de 1867, il attacha M. Berger à ses bureaux comme chef des services intérieurs.

(1) M. Adolphe Cochery, père du député actuel, ancien Ministre des Finances, qui était alors son chef de Cabinet.

C'était, pour un jeune homme, une école admirable. De l'Exposition de 1867, en effet, de son organisation, de sa classification, on peut presque dire de ses principes, toutes les Expositions qui ont suivi se sont inspirées avec plus ou moins de bonheur. Elle fut la marque du génie de Le Play.

M. Berger y apprit, au contact de ce maître, les qualités nécessaires au succès de ces entreprises, de conduite si complexe, où les difficultés incessantes doivent se résoudre rapidement avec bonne grâce, sans faiblesse mais sans étalage intempestif d'autorité, et où l'affabilité, la bonne humeur et le tact sont qualités plus précieuses que l'infailibilité même.

Ces débuts en 1867, une Exposition artistique très remarquée en 1874, au profit des Alsaciens-Lorrains, l'avaient mis en lumière, lorsqu'en 1878 le Commissaire général, M. Krantz, lui confia la direction des Sections étrangères, où il réussit brillamment autant par son expérience déjà consommée que par ses qualités naturelles.

D'un physique très agréable, plein de santé et de vigueur, il avait une bienveillance et un optimisme qui rendaient son accueil si affable, donnaient à son commerce tant d'agrément qu'il conquerrait spontanément tous ceux qui prenaient contact avec lui. Grâce à ses études variées, il possédait, avec une teinture de tout, une curiosité universelle, et sa séduction provenait autant de son goût d'écouter que de parler. Il aimait la vie et ses manifestations multiples, mais gardant, même dans le faste, le sens de l'harmonie.

Ses qualités d'organisateur n'étaient pas moindres. Actif, prévoyant, ordonné, c'était un chef toujours sur la brèche, demandant beaucoup à ses subordonnés, mais avec tant de cordialité, de camaraderie et d'affection, qu'il en obtenait plus encore. Enfin, simple et conscient de ce qui lui manquait, il savait s'entourer de gens compétents pour combler ses lacunes, et à ceux-là, une fois choisis, il faisait crédit complet de sa confiance en leurs avis.

Dès qu'il eut accepté les fonctions de Commissaire général, comprenant son insuffisance en une science toute nouvelle, il chercha un collaborateur technique. Ce fut Ludovic Halévy, l'auteur dramatique célèbre, qui, en lui proposant son beau-frère, Antoine Bréguet, lui fournit le plus qualifié.

Fils, petit-fils et arrière-petit-fils de ces savants artistes qui depuis près de cent ans illustraient le nom ; élevé dans cette vieille maison austère du quai de l'Horloge, si pittoresque en son style Louis XIII, au milieu des travaux remarquables de son père, Antoine Bréguet joignait, aux qualités héréditaires des Bréguet, la souplesse et la grâce d'esprit caractéristiques du Parisien.

Ancien élève de l'École Polytechnique et déjà connu par ses études sur la machine de Gramme et les équipages d'Ampère, par ses conférences aussi élégantes de forme qu'originales et solides de fond ; rédacteur en chef avec Charles Richet de la *Revue scientifique*, il avait rapidement conquis une situation considérable pour son âge. Ambitieux, impatient d'ajouter un nouveau fleuron à la couronne des Bréguet, il accepta de suite cette occasion unique de mettre en lumière ses dons rares et précieux, se dévoua à la tâche avec la belle ardeur confiante de la jeunesse, et y laissa la vie, en ruinant irrémédiablement sa santé.

La collaboration d'Antoine Bréguet mettait M. Berger immédiatement en contact avec tout un monde inconnu jusque-là pour lui et nécessaire au succès de l'œuvre : les savants d'une part, Berthelot, J.-B. Dumas, Jamin, Becquerel, Mascart, Potier, et les ingénieurs des Télégraphes : Baron, Blavier, Bergon, qui fréquentaient chez les Bréguet ; les industriels, d'autre part, ceux-là encore rares et timides, mais parmi lesquels émergèrent de toute la puissance de leur personnalité MM. Fontaine et Lemonnier.

Une notice récente a résumé la vie de M. Fontaine ; on n'y saurait rien ajouter. Mais peut-être peut-on encore esquisser son portrait à l'époque, portrait resté exact jusqu'à son dernier jour.

C'était un autoritaire aux idées nettes, originales et courtes ; d'une décision spontanée et surprenante de justesse ; inhabile à la réflexion hésitante, impatient de toute discussion ; adoptant d'un jet soit ses idées, soit celles des autres, et les exécutant ou les faisant exécuter sans désespérer malgré tous les obstacles. D'une bonté et d'une serviabilité inlassables avec des allures de bouledogue que son physique accentuait, il fut un chef incomparable dans les associations de hasard comme celle-ci, où les bonnes volontés, plus nombreuses que coordonnées, réclament pour le succès de leurs efforts une direction ferme, vigilante et sans crainte des responsa-

bilités. Si M. Berger fut le cœur et Antoine Bréguet le cerveau de l'Exposition de 1881, Fontaine en fut l'âme.

A côté de lui, homme de bon conseil, de sens droit, M. Lemonnier, associé de la Maison Sautter-Lemonnier et C^{ie}, la principale maison de constructions électriques de France à cette époque, jouait un rôle plus effacé, mais non sans utilité. Une profonde estime et une grande amitié liaient du reste ces deux hommes et donnaient à leur collaboration une autorité considérable.

Autour d'eux se groupaient les jeunes chefs des maisons d'électricité, ingénieurs distingués sortis des grandes Écoles : Carpentier, ingénieur des manufactures de l'État, qui venait d'acquérir la Maison Ruhmkorff ; Postel, ancien élève de l'École Polytechnique également, qui venait de succéder à son oncle Vinay ; Antoine Bréguet, qui devait dès l'année suivante prendre la direction de la maison de son père ; et la légion des inventeurs, tous travailleurs industriels et acharnés, possédés de cette belle folie de l'imagination qui les précipitait à la conquête de la nouvelle terre des Hespérides dont les fruits d'or semblaient mûrs : Gaston Planté, Marcel Deprez, Jablochhoff, Trouvé, Faure, Cabanellas et tant d'autres dont la liste n'évoquerait aujourd'hui que des noms disparus et presque oubliés.

Dans tout ce monde, tant d'enthousiasme régnait, tant de foi, d'activité et d'intelligence, que les concours surgirent spontanément autour de Georges Berger pour assurer le succès de l'œuvre.

Si l'on tentait aujourd'hui la même entreprise, elle serait certes des plus aisées ; mais pour juger du mérite de nos devanciers en 1881, reportons-nous trente ans en arrière et représentons-nous ce qu'était à ce moment l'industrie électrique.

A la suite de la belle découverte de Gramme en 1869, et de l'expérience de Fontaine en 1873, la construction des machines électriques s'est un peu développée dans quatre à cinq ateliers de Paris ; mais, sauf pour la galvanoplastie, les applications restent rares, car la divisibilité de la lumière n'est pas encore reconnue pratique.

Dès 1877, en effet, la bougie Jablochhoff a éclairé la nouvelle avenue de l'Opéra, et la Société générale d'Électricité s'est fondée à cette époque, escomptant le succès de cette remarquable inven-

tion; mais le procédé est coûteux, la lumière un peu capricieuse, les machines très imparfaites, et les tentatives d'éclairage public ne se renouvellent pas, les tentatives d'éclairage industriel se développent lentement.

En fait, beaucoup de types de régulateurs électriques sont déjà nés, mais aucun, sauf peut-être les lampes Siemens et les lampes Gramme, n'a encore reçu la sanction d'une pratique même courte.

A cette demi-douzaine d'usines, dont la contenance ferait sourire aujourd'hui les visiteurs des ateliers de nos grandes Sociétés d'Électricité, joignez un nombre à peu près égal de maisons qui s'occupent de la construction des appareils télégraphiques ou scientifiques, maisons plus renommées par leur glorieux passé ou le renom de leur chef, comme les ateliers Bréguet ou Ruhmkorff, que par leur importance réelle, et l'inventaire sera presque complet du personnel sur qui le Commissaire général peut compter.

Mais à côté de ces industriels patentés, ayant pignon sur rue et leur nom au Bottin, une nuée d'inventeurs de tout âge, de toute origine, a réussi par des essais incomplets, presque informes, — mais où cette fée si mystérieuse de l'Électricité a laissé soulever un coin du voile qui recouvre encore toutes ses passionnantes manifestations, — par des expériences sensationnelles qui suscitent l'enthousiasme des plus sceptiques, délient les cordons de la bourse des plus rebelles, a réussi, dis-je, à faire pénétrer la foi en un triomphe prochain et rémunérateur dans l'âme des boursiers, des gens de cercle, des banquiers marrons, et ce ne sont, dans tout ce quartier si vivant, si industriel de la rue Oberkampf et de Belleville, que petits ateliers aménagés soit dans un coin d'autres plus grands, soit au fond des cours, où des lampes de tout système, des accumulateurs, des dynamos, s'inventent, s'essaient, se perfectionnent, toujours à la veille du succès définitif qui révolutionnera le monde.

Toutes les industries nouvelles ont connu à leur aurore cette période de vie intense, fiévreuse, où les idées éclosent sans mûrir, où la folie de l'invention semble contagieuse, et qui laisse derrière elle tant de déceptions et de ruines. Il est facile, longtemps après, d'en sourire et de traiter dédaigneusement toutes ces chimères de cerveaux surchauffés; mais ceux qui ont assisté à cette floraison

d'idées, qui ont vu tous ces braves gens laborieux, convaincus, vivre leur rêve plein de grandeur, gardent pour tous ces vaincus, dont beaucoup sont morts de leur déconvenue, le plus grand respect et le souvenir le plus ému.

Le grand mérite de M. Fontaine fut d'avoir su les discipliner, et, plein de confiance en leurs efforts quelque incertains qu'ils fussent encore, de les avoir groupés en une armée compacte, où la solidarité commune devait masquer les défaillances individuelles, et d'avoir dit hardiment au Commissaire général, en leur nom à tous : « Nous vous garantissons le succès. »

Le 23 octobre 1880 parurent à l'*Officiel* deux décrets instituant, au Palais de l'Industrie, une Exposition internationale d'Électricité, du 1^{er} août au 15 novembre 1881, et nommant M. Georges Berger Commissaire général de cette Exposition et du Congrès international des Électriciens qui devait se tenir le 15 septembre de la même année.

Le 3 décembre, le Syndicat de garantie, réunissant 56 souscripteurs avec un capital de 710000 fr, était formé.

Le 6 décembre, le règlement général de l'Exposition était promulgué ; la Commission d'organisation, le Comité technique et le Comité des finances étaient nommés.

Enfin, le 27 décembre, une loi accordait une subvention de 300000 fr, dont 200000 fr pour l'Exposition elle-même et 100000 fr pour le Congrès.

Six groupes comprenant seize classes furent organisés :

Le groupe I (Production de l'Électricité), avec trois classes : Électricité statique, Piles, Machines magnéto- et dynamo-électriques.

Le groupe II (Transmission par l'Électricité) ne comprit qu'une classe : Câbles, Fils, Paratonnerres.

Le groupe III (Électrométrie), une classe également pour les Appareils de mesure.

Le groupe IV, le plus important (Applications de l'Électricité), comprit huit classes : Télégraphie, Signaux ; Téléphonie ; Lumière électrique ; Moteurs électriques, Transport de force ; Électricité médicale ; Electrochimie ; Instruments de précision, Horlogerie électrique ; Appareils divers.

Le groupe V (Mécanique générale) englobait les générateurs

et moteurs à gaz et hydrauliques, utilisables pour l'industrie électrique.

Le groupe VI n'avait que deux classes : une de Bibliographie contemporaine, une de Collections rétrospectives d'appareils et d'ouvrages.

L'Exposition étant internationale, toutes les nations furent conviées. Quinze, dont l'Allemagne, répondirent à l'appel. C'était la première fois, depuis 1870, que l'Allemagne accueillait une invitation du Gouvernement français. Les États-Unis d'Amérique et tous les États d'Europe, sauf la Turquie et le Portugal, furent représentés.

Les chiffres officiels suivants, qui stupéfièrent le Commissaire général, ne nous sembleront pas moins étonnants.

1688 exposants, dont 862 français, furent inscrits au Catalogue officiel ; à vrai dire, 263, figurant dans les deux dernières classes, n'étaient que des exposants honoraires, et 93 appartenaient à la classe de Mécanique ; il n'en restait pas moins plus de treize cents électriciens répartis dans les treize premières classes, dont sept cents français.

L'espace total utilisé était au rez-de-chaussée de 20000 m² et au premier étage de 9000 m², dont un tiers environ pour la circulation des visiteurs.

Bien que les transformations du Paris moderne effacent rapidement de notre mémoire les monuments ou les rues disparues, le Palais de l'Industrie est encore trop présent à l'esprit de tous pour qu'il faille le reconstituer dans une description. C'était, — par hasard, car il fut toujours le hall le plus incommode aux Expositions, — un cadre approprié aux spectacles variés qu'on voulait offrir à la foule.

La séparation en deux étages permettait de grouper en bas les machines et appareils encombrants, et au premier, dans des salons spécialement aménagés à cet effet, toutes les applications de l'Électricité à la Science, au Théâtre, à la Vie domestique, tandis que de la large galerie qui régnait tout autour de la nef centrale, on pouvait, le soir, embrasser d'un coup d'œil l'illumination générale du Palais, spectacle alors dans toute sa nouveauté.

L'emplacement était concédé gratuitement. L'Administration

avait, en outre, pris à sa charge toute la décoration du rez-de-chaussée et des salles du premier étage; la construction d'un grand escalier monumental mettant la nef en communication directe avec les galeries du haut; la création d'un bassin central avec cascades; l'érection d'une tour supportant un phare électrique exposé par le Ministère des Travaux publics, enfin l'édification de deux gares minuscules d'arrivée et de départ du tramway électrique établi par MM. Siemens frères, entre la place de la Concorde et le Palais de l'Industrie.

L'éclairage avait été concédé à un Syndicat groupant, sous la présidence de M. Fontaine, tous les exposants d'appareils de lumière.

Le Syndicat se rémunérait de ses dépenses d'installation ou d'exploitation par un prélèvement de 0,50 fr sur les entrées à partir de 8 h du soir, et une indemnité forfaitaire de 10000 fr.

A ces conditions, il se chargeait de distribuer la lumière dans toutes les parties du Palais de l'Industrie insuffisamment éclairées par les appareils divers exposés, et de fournir aux exposants, à prix débattu avec l'Administration, l'énergie électrique qui leur était nécessaire.

C'était, on le voit, la première application de la formule, si souvent employée depuis, d'une concession rémunérée par une participation aux recettes. Elle s'imposait à cette époque, vu la précarité d'une installation de lumière électrique aussi importante.

M. Fontaine ne découragea aucune bonne volonté.

Sept chaudières, représentant une surface de chauffe totale de 900 m²; douze machines à vapeur et deux locomobiles d'une puissance de 1400 chevaux; 20 moteurs à gaz donnant ensemble 200 chevaux d'appoint, alimentaient 492 lampes à arc dont 151 bougies Jablochkoff, Jamin ou Wilde, et 915 lampes à incandescence, Edison, Swan, Maxim, Lane Fox; en tout 1407 foyers d'une intensité lumineuse totale de 64547 becs Carcel, c'est-à-dire une quantité de lumière supérieure d'un quart environ à la quantité totale de lumière distribuée par la Compagnie du Gaz, à l'époque, dans tous les boulevards, avenues, quais, rues et places de la capitale.

L'effet en fut saisissant et emporta l'admiration générale, malgré les défaillances quotidiennes d'un grand nombre de foyers. Ces

défaillances provenaient, pour beaucoup de systèmes, — il n'y en avait pas moins de trente différents, — de leur mise au point encore insuffisante, mais surtout des erreurs d'évaluation faites par les inventeurs sur la force absorbée par leurs foyers. Le Syndicat avait annoncé au Commissariat général que la puissance mécanique nécessaire serait de 741 chevaux-vapeur et en avait installé le double. Or, chaque soir, l'ensemble des 1400 chevaux était à peine suffisant, et bien souvent, à la moindre défaillance, toute une partie de l'Exposition se trouvait plongée dans l'obscurité.

Le succès n'en fut pas moins considérable et alla d'emblée à l'éclairage par incandescence dont c'était la révélation pour le public comme pour beaucoup d'électriciens.

Les Américains avaient, en effet, apporté un matériel complet déjà mis au point, le matériel Edison : machine à courant continu, alimentant simultanément 1000 lampes de 10 et 16 bougies, lampes à filament de charbon dans le vide, douilles, interrupteurs, plombs fusibles de protection, câbles et compteurs ; tout avait déjà la sanction de l'expérience en Amérique ; et les applications de cette jolie lumière, propre, sans éclat offensant, permettant les effets les plus originaux, furent mises en évidence dans une série de pièces du premier étage transformées en chambres diverses d'un appartement.

Mais, pour les électriciens, à côté du succès retentissant des lampes à incandescence, d'autres progrès des plus intéressants étaient enregistrés. Si les bougies Jablochkoff, même perfectionnées par MM. Jamin et Wilde, donnaient encore une lumière capricieuse et de faible rendement, les lampes à arc différentielles Siemens, Gramme, Pilsen (Piette et Krisick) et Brush, dont l'éclat, la fixité de lumière et le bon rendement étaient hors de conteste, offraient une solution beaucoup plus élégante et économique du problème de la divisibilité de la lumière. On pouvait, en parcourant la nef du Palais, reconnaître que l'éclairage par arc des grands espaces, des chantiers et des ateliers, était définitivement réalisable.

Pour alimenter tous ces foyers de lumière, une série de machines étaient mises en jeu.

C'était, dans le groupe des machines à courant continu, à côté de la machine Edison, avec ses deux électros verticaux et son

induit allongé, la machine Gramme, sous des aspects multiples : type d'atelier, type multipolaire à électro-aimants plats; la machine Siemens à induit en fuseau, etc.

La tension de ces machines était de 110 ou 220 volts; seule la machine Brush qui alimentait 40 lampes à arc en série, et devait développer par conséquent au moins 2000 volts, figurait la première machine à haute tension encore construite.

Les machines à courant alternatif dérivait toutes du principe des machines alors classiques de l'*Alliance*, dont le type imaginé par Wilde en 1873 pour l'éclairage des phares électriques, se composait d'une série de bobines mobiles passant successivement devant des électro-aimants fixes à pôles alternés. Les systèmes Siemens, Gramme, de Méritens n'en différaient que par des détails.

Mais la puissance de ces dynamos était fort réduite, tant l'inexpérience était encore grande dans la manipulation des courants; et la machine Edison, la plus forte de toutes, n'absorbait que 125 chevaux.

L'affluence du public du 21 août, jour de l'inauguration de l'éclairage, jusqu'au 20 novembre, date de la clôture, ne se ralentit pas, et le Syndicat reçut pour sa part, dans le produit des entrées du soir, la somme considérable de 190 000 fr.

Si la brillante illumination du Palais attirait la foule, le petit tramway électrique par lequel de la place de la Concorde on parvenait à l'Exposition, n'avait pas moins de succès; c'était, en effet, le premier qu'on voyait en France.

L'Administration n'ayant pas autorisé le retour du courant par les rails, la maison Siemens, qui avait assumé l'entreprise, avait installé deux conducteurs suspendus, constitués par des tubes de laiton fendus dans lesquels couraient les trolleys sous forme d'olives.

Le service de ce tramway s'accomplit avec une régularité remarquable du premier au dernier jour; il conquit d'emblée les faveurs du public qu'il familiarisa définitivement avec les commodités et l'élégance du système.

Mais le plus grand succès de l'Exposition, celui qui la consacra comme une manifestation extraordinaire du génie humain, ce furent les auditions téléphoniques théâtrales.

En 1881, en effet, l'invention de Graham Bell et d'Edison n'était pas encore entrée communément dans les mœurs parisiennes; elle était presque inconnue du reste de la France.

Vieille de trois à quatre ans à peine, exploitée depuis peu en France par la Société générale des Téléphones, elle était encore à ses débuts, et les imperfections, moins des appareils que de l'agencement général du réseau, les dérangements fréquents, le prix très élevé de l'abonnement, ne lui avaient pas permis de se répandre au delà d'un public très restreint d'hommes d'affaires ou de grands commerçants.

Mais, dès 1880, Ader perfectionnait sensiblement le microphone d'Edison par une série d'ingénieuses dispositions de détail, et faisait de son transmetteur l'instrument parfait que nous avons tous pu apprécier. Antoine Bréguet et lui virent de suite qu'on en pouvait étendre le champ d'applications, et ce fut Bréguet qui eut l'idée des auditions générales à distance.

M. Berger l'adopta de suite; grâce à ses relations avec le Directeur de l'Opéra, Vaucorbeil, et au concours de l'Administration des Télégraphes qui prêta les câbles, on tenta un essai entre ce théâtre et son magasin de décors situé rue Richer. Un certain nombre de transmetteurs, alourdis spécialement et reposant sur des semelles de caoutchouc pour éviter la transmission des vibrations parasites, furent disposés le long de la rampe de la scène. Chaque transmetteur, placé à gauche du souffleur, actionnait le récepteur de gauche d'une série de quatre paires de récepteurs installés rue Richer. Chaque transmetteur, placé à droite, actionnait le récepteur de droite de ces paires, de telle sorte que, pour tout auditeur, l'oreille gauche était influencée par un transmetteur de gauche et la droite par le transmetteur de même ordre à droite.

Du premier coup, grâce à ces dispositions, la réussite fut complète et l'enthousiasme fut tel que sur-le-champ, quelle que dût être la dépense, les auditions théâtrales furent décidées.

On relia l'Opéra et les Français au Palais de l'Industrie. On disposa quatre chambres d'audition, convenablement assourdis par des tapis qui garnissaient les murs et les planchers, et dans chacune d'elles vingt paires de récepteurs permirent 20 auditions simultanées de chacune 3 minutes. Un commutateur placé sous

la main d'un gardien donnait et supprimait les courants, de façon à éviter toute récrimination. Le public était admis gratuitement et les auditions avaient lieu dans deux salles à la fois. On pouvait ainsi sans interruption satisfaire à la curiosité de 800 personnes par heure, ce qui était encore insuffisant, car tel était l'empressement de la foule chaque soir, que beaucoup de visiteurs reprenaient la file dès leur sortie des salles pour avoir le bénéfice d'une seconde audition.

En dehors de ces nouveautés qui captivaient l'attention du public, un grand nombre d'objets exposés dans les stands des divers fabricants, quoique d'une moindre originalité, montraient à quel degré la construction électrique était déjà parvenue.

A cet égard, la collection des appareils en usage pour la protection des voies ferrées et des trains était des plus instructives et des plus complètes, et les expositions de la maison Siemens et Halske de Berlin, de la maison Mors en France, et d'une série d'autres constructeurs, tant français qu'étrangers, occupaient une grande partie du rez-de-chaussée de la nef.

A côté, la Télégraphie occupait la place d'honneur, non seulement par l'importance de ses services, mais encore et surtout parce que l'Administration française présentait en regard du télégraphe imprimeur Hughes, triomphe de l'Angleterre depuis 1858, le télégraphe multiple d'un de ses jeunes ingénieurs, M. Baudot, capable d'envoyer simultanément cinq dépêches sur un même fil.

Enfin, toutes les applications domestiques ou scientifiques de l'électricité, celles plus spéciales au théâtre, disséminées dans les salles du premier étage, où une scène en miniature avait même été dressée, ne présentaient pas un moindre intérêt.

Si l'on joint à ces objets si divers tous les appareils de mesure concentrés dans les stands de quelques maisons de premier ordre françaises ou étrangères, comme Carpentier, Bréguet, Siemens frères de Londres, Latimer Clarke, Siemens et Halske, etc., et les nombreux instruments d'horlogerie électrique, de chronographie ou d'enregistrement appliqués soit à la Marine, soit au Génie militaire, soit à la Balistique, soit à la Météorologie, on concevra comment se justifiait le nombre élevé des exposants et combien, malgré ses vastes proportions, l'enceinte de l'Exposition paraissait animée et peuplée.

Ce fut un véritable tour de force de l'installer en si peu de temps. Le Salon annuel des Beaux-Arts n'avait pris fin que le 20 juin ; les locaux ne purent être à la disposition du Commissaire général que le 30, et encore incomplètement. Le 11 août, avec onze jours seulement de retard sur la date officielle, l'Exposition fut inaugurée par le Président de la République, Jules Grévy, complètement terminée, sauf en ce qui touchait la force motrice dont l'installation ne fut achevée que le 27.

Mais c'est dans cette période de préparation que l'activité inlassable de M. Berger, sa profonde expérience, sa bonne humeur et sa bienveillance souriante donnèrent leur mesure.

Il fit travailler jour et nuit, sans récrimination, les ouvriers comme les exposants, toujours sur la brèche, jamais affairé, écoutant chacun, résolvant sur l'heure toutes les difficultés au fur et à mesure qu'elles se présentaient, sûr de lui, et communiquant cette sécurité aux autres.

Du 11 août au 20 novembre, jour de clôture, 880000 visiteurs affluèrent à l'Exposition, dont 80000 dans les deux dernières journées où les entrées furent gratuites. Sur les 800000 restant, 124000 bénéficièrent de cartes de service ou de laisser-passer et 676000 furent payantes, dont 300000 dans la journée, et 376000 le soir.

Les recettes atteignirent 1060000 fr, y compris 200000 fr de subvention de l'État et 25000 fr de la Ville. Les dépenses furent de 735000 fr, dont 190000 fr reçus par le Syndicat pour la rémunération de l'éclairage, 17000 fr par MM. Siemens frères, comme redevance pour l'exploitation du tramway, et 78000 fr dépensés en fêtes données surtout à l'occasion du Congrès des Électriciens.

Il resta donc un reliquat de 325000 fr, qui fut versé au Trésor et affecté, par Décret présidentiel, à la création et à l'entretien d'un Laboratoire central d'Électricité. C'est, comme l'on sait, cette somme qui a constitué le premier fonds du Laboratoire de notre Société.

Ce rapide historique de l'Exposition serait incomplet si je n'ajoutais quelques mots sur le Congrès qui en fut comme l'apothéose scientifique, et qui laissa une œuvre impérissable : les Unités électriques.

Sa réunion était décidée dès l'origine, puisqu'elle était inscrite

dans la loi du 27 décembre 1880, et que 100000 fr lui étaient attribués sur la subvention de 300000 fr accordée. Il avait, de plus, un caractère tout à fait officiel, tandis que l'Exposition n'était qu'une entreprise privée sous le patronage du Gouvernement. M. Berger en était également le Commissaire général.

Tous les États furent conviés par voie diplomatique ; tous, même les moins qualifiés, répondirent à l'appel.

Les plus grands savants acceptèrent la délégation que leur offrait leur pays et lorsque, le 15 septembre, le Ministre, président du Congrès, ouvrit la première séance, on pouvait voir, se groupant autour de lui : MM. Clausius, Helmholtz, du Bois-Reymond, Kirchhoff, Wiedemann, Werner Siemens, etc., pour l'Allemagne ; S. W. Thomson, Tyndall, Spottiswoode, Warren de la Rue, Hughes, Crooks, Latimer Clarke, William Siemens, etc., pour l'Angleterre ; Govi et Ferraris, pour l'Italie ; Stoletow et Tchikoleff, pour la Russie ; Weber, pour la Suisse ; Gramme, pour la Belgique ; et, pour la France, tous les physiciens, dont le plus célèbre encore vivant, J.-B. Dumas, devait jouer un grand rôle à la Commission des Unités électriques.

M. Mascart fut nommé Rapporteur général. Professant à cette époque l'Électricité au Collège de France, il avait, le premier, fait passer dans ses leçons les belles théories encore nouvelles de Maxwell et de S. W. Thomson, et connu ainsi ce dernier, auquel une respectueuse affection l'attachait. Mis par lui en relations avec le groupe des savants allemands, il fut, grâce à sa haute culture et à son intelligence si fine, le trait d'union nécessaire entre les membres du Congrès. Son influence discrète fut considérable, son activité infatigable. •

Du 15 septembre au 5 octobre, le Congrès, qui s'était divisé en trois sections, tint sept séances plénières, dont une fut levée en signe de deuil à l'annonce de l'assassinat du Président des États-Unis, M. Garfield.

La première section, la plus importante, qui devait s'occuper des questions théoriques, des sources d'électricité, des paratonnerres et de l'électrophysiologie, tint six séances, mais elle constitua, dès le début, une sous-commission des Unités électriques qui devint le centre des discussions les plus passionnées et de l'attention générale de tous les autres membres du Congrès.

Il faut se souvenir, en effet, qu'à cette époque il n'y avait encore aucune unité admise unanimement en électricité. Les forces électromotrices s'exprimaient soit en éléments Daniell, soit en éléments Bunsen, soit en étalons Latimer Clarke ; les intensités se définissaient par le poids d'un dépôt électrochimique obtenu pendant une heure ; enfin, les résistances avaient des représentations variables selon les pays, comme l'étalon Siemens en Allemagne. Il en résultait une imprécision, une difficulté de comparaison entre les chiffres donnés dans des ouvrages différents, et enfin mille entraves au développement de la science électrique, que tous les bons esprits jugeaient intolérables. Mais par quel accord unanime, désintéressé et sincère, établir un système rationnel et coordonné qui pût être universellement imposé ? Si tous en sentaient la nécessité, chacun était arrivé au Congrès avec ses partis pris, son amour-propre, décidé à exiger des concessions et à n'en faire aucune.

Les deux premières séances de la Commission, que présidait J.-B. Dumas, mirent à nu les intransigeances des Allemands et des Anglais, tandis que le besoin de clarté qui distingue notre race inclinait, au contraire, les Français à toutes les transactions. On put croire à ce moment l'entente irrémédiablement compromise et l'avortement du Congrès certain.

M. Mascart a raconté avec beaucoup d'humour, dans une brochure destinée à un petit nombre d'intimes, comment, subitement entraînés par l'abnégation et la conviction de William Siemens, son frère Werner Siemens et Helmholtz, les deux représentants de l'Allemagne les plus écoutés, se laissèrent convaincre par S. William Thomson, et comment, sur un piano de l'hôtel Chatam et sur une table du buffet de l'Exposition, l'ohm, l'ampère, le volt, le coulomb et le farad virent le jour les 17 et 20 septembre 1881.

Nul ne se méprit sur la grandeur de l'acte qui s'accomplissait, et lorsqu'à la séance plénière, le 21 septembre, après le Rapporteur général qui énonça les décisions arrêtées, MM. Helmholtz, au nom de l'Allemagne, et S. William Thomson, au nom de l'Angleterre, vinrent successivement les justifier et recommander leur adoption, le Congrès tout entier les acclama dans un mouvement d'adhésion spontanée et reconnaissante.

Les travaux des autres Commissions, bien que moins retentissants, présentèrent cependant beaucoup d'intérêt, notamment à la troisième section, où trois communications sensationnelles du Dr Frölich, ingénieur en chef de la maison Siemens et Halske, de M. Marcel Deprez et de M. Cabanellas, posèrent les bases de l'étude générale des machines électriques, de leurs caractéristiques et de leur compoundage.

Le 5 octobre, le Congrès se sépara après trois semaines de labeur ininterrompu, et le Ministre put, sans dépasser les limites de la vérité, le remercier de l'œuvre considérable qu'il venait d'accomplir et se féliciter que ce fût sous l'égide de la France qu'un tel résultat eût été atteint.

Le rôle de M. Berger dans les séances avait été nécessairement effacé, mais il en avait assuré la si parfaite organisation que la maladie d'Antoine Bréguet, survenue le jour même de la réunion du Congrès, n'apporta aucun trouble dans le fonctionnement des services de la chancellerie et du secrétariat.

Le Congrès dispersé, une dernière solennité, la Distribution des Récompenses, eut lieu le 21 octobre et affirma d'une façon solennelle le succès de l'Exposition. Le Commissaire général put énumérer avec fierté, à la veille de la clôture, les difficultés vaincues, les efforts dépensés, les résultats atteints; et des applaudissements unanimes saluèrent les remerciements qu'il adressa à tous les ouvriers de la grande œuvre près de disparaître.

Ces applaudissements, l'opinion publique, le Gouvernement, le Parlement, les ratifièrent à l'envi. Quand l'Exposition ferma ses portes, M. Georges Berger se trouvait d'avance désigné par l'assentiment universel aux hautes fonctions qu'il devait occuper avec tant d'éclat en 1889; et, sans marchander, le Parlement vota un contingent inusité de distinctions honorifiques pour récompenser organisateurs, savants et exposants — collaborateurs également méritants de cette entreprise sans précédent, dont le succès avait dépassé toutes les espérances.

GASTON SCIAMA,

Ancien Président de la Société internationale
des Électriciens.

COMPTE RENDU

DE LA

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 7 décembre 1910 ⁽¹⁾.

PRÉSIDENCE DE M. A. BOCHET.

La séance est ouverte à 8 h 35 m du soir.

A la suite de la lecture du procès-verbal de la dernière réunion mensuelle, la discussion se poursuit au sujet des Remarques faites en ladite réunion, à propos de l'Arrêté du 21 mars 1910 et des Instructions de l'Union des Syndicats (*voir* textes reproduits p. 678 et suivantes); puis le procès-verbal est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque (*voir* p. 750) et des demandes d'admission suivantes :

Giron (Julien-Charles), Ingénieur des Galeries Lafayette, 6, avenue de la Gare, à Houilles (Seine-et-Oise). — Présenté par MM. de Valbreuze et Ch. David.

Gryois (Léon-Gustave), Ingénieur civil, à Torchamp, par Domfront (Orne). — Présenté par MM. Génon et A. Petit.

Locquin (André), Ingénieur E. S. E., Chef des Services techniques de la maison Patay, 34, rue Paul-Bert, à Lyon (Rhône). — Présenté par MM. Chaumat et Illovici.

Ces candidats sont élus membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

Des remerciements sont adressés à MM. Bellardent et Pinson pour le don d'une lampe à arc, en faveur de l'École supérieure d'Électricité.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

(¹) La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

**A PROPOS DE L'ARRÊTÉ DU 21 MARS 1910 ET DES INSTRUCTIONS DE L'UNION
DES SYNDICATS.**

Discussion (suite).

M. BRUNSWICK. — « La plupart de vous, Messieurs, avez certainement encore la vision, évoquée par M. Boucherot dans la séance de novembre, des « Ruines des travaux de la Société internationale des Électriciens », éparses dans les Instructions de l'Union des Syndicats que j'avais eu l'honneur de vous présenter en juillet dernier.

» A propos du procès-verbal, — n'ayant voulu prendre votre temps à la fin de la dernière séance déjà longue —, je voudrais aujourd'hui essayer de dissiper de si sombres images et vous présenter les choses sous un aspect plus engageant, s'il se peut, et surtout plus près de la réalité.

» Je m'efforcerai d'être aussi bref que possible.

» Mon intervention s'explique par le fait que, comme président de la première Section de votre Comité chargée de l'examen des Instructions et comme ayant pris une certaine part à l'élaboration de ces Instructions, je me crois en mesure de vous renseigner sur leur interprétation et leur valeur réelles.

» Au point de vue historique, il n'est pas inutile de rappeler que la revision des Instructions antérieures, vieilles de plus de dix ans, des diverses Associations, était devenue une impérieuse nécessité.

» Le Syndicat professionnel des Industries électriques (constructeurs) et celui des Usines d'électricité (exploitants et consommateurs) ont jugé bon d'associer leurs efforts, sous les auspices de l'Union des Syndicats, en vue d'arriver à un texte commun.

» Ces deux Syndicats, comprenant nombre de nos anciens présidents et de membres de cette Société des plus qualifiés, pouvaient, à bon droit, s'estimer suffisamment compétents pour délibérer des intérêts réciproques de leurs industries sans faire appel en dehors d'eux à d'autres notoriétés.

» Les vues de la Société des Électriciens, en raison de la compo-

sition des deux syndicats, n'ont pu être étrangères, au moins officieusement, aux discussions relatives à l'élaboration de ces Instructions.

» Le devoir, bien compris, des groupements industriels est, il est vrai, de s'entourer d'avis éclairés et de perfectionner à l'usage les réglementations dues à leurs soins.

» Nous connaissons trop la bienveillance et l'urbanité de règle à la Société pour ne pas être sûrs de l'indulgence avec laquelle les détails de ces Instructions, qui auraient pu échapper à l'attention, seraient relevés.

» Les Instructions en question ont donc été soumises à l'examen de diverses Sociétés.

» Notamment, la Société internationale des Électriciens n'a pas été tenue à l'écart de toute consultation ; elle a été saisie de la question dès le mois de février.

» La première Section du Comité a maintenu l'examen du texte à son ordre du jour jusqu'en juillet, époque de la communication en séance.

» Une circulaire a même été adressée aux membres de la première Section, les invitant à formuler leurs appréciations.

» Si tardivement, comme on peut le regretter, qu'elles aient pu se manifester, nous ne doutons pas que l'Union des Syndicats ne leur fasse encore l'accueil qu'elles mériteront, dans la mesure où elles seraient justifiées.

» Ceci dit, pour rendre hommage à la correction des formes suivies par l'Union des Syndicats, passons maintenant à l'examen des critiques qui vous ont été présentées :

» 1^o Il est reproché tout d'abord au texte de manquer de définitions et de faire rentrer trop d'éléments dans une même prescription.

» Les avis peuvent être là-dessus partagés : il est permis de préférer, à notre avis, la forme synthétique, le but étant de grouper le plus d'idées possible en une formule simple.

» Au surplus, le texte de 1910 n'est que le développement des textes plus anciens qui déjà ne donnaient prise à aucune difficulté dans l'application.

» Cette remarque permet de repousser le reproche fait aux

Instructions de n'être que la traduction, plus ou moins revue et augmentée, des règlements étrangers.

» Néanmoins les Syndicats auraient manqué à leur tâche s'ils avaient fermé aveuglément les yeux sur ce qu'avaient pu faire de bien les confrères allemands, américains et anglais.

» Est-ce s'amoindrir que de reconnaître la valeur de l'œuvre des voisins ?

» Était-il besoin d'alourdir le texte par les définitions de *puissance normale, continue, intermittente, variable*, sur lesquelles aucun des intéressés ne peut avoir d'hésitation ? Est-ce plus nécessaire à définir que : commutateur, interrupteur, coupe-circuit, disjoncteur, etc. ? La discussion semblerait spécieuse.

» 2^e ARTICLE 1 (§ 1). — *Observation concernant l'indication de la puissance :*

« La désignation en « kilowatts aux bornes » ne serait pas suffisamment explicite pour qualifier la puissance de la machine. »

» Mais lisons quelques lignes plus loin, en tournant la page. Il y est dit :

« ART. 2. — On indiquera en outre sur la plaque :

a. Le facteur de puissance..., etc. ;

b. A la puissance normale ;

La vitesse de rotation en t : m ;

La fréquence ;

Le rapport de transformation ;

La tension (composée, en cas de courants triphasés ou hexaphasés) ;

La tension (primaire et secondaire, en cas de transformation) ;

Le courant (primaire et secondaire), etc. »

» Ces renseignements sembleront aux plus difficiles suffisants pour qualifier un appareil même pour lequel on devrait avoir :

$$P = 0, \\ \cos \varphi = 0.$$

» Sans insister et parce que cela est, il est permis de dire que l'application de ces formes, même dans les textes antérieurs et propres à chacun des Syndicats, n'a pas donné lieu à la moindre difficulté depuis de nombreuses années.

» L'expression de *puissance apparente* aurait-elle été aussi bien comprise de tous ? Au près de certaine partie de la clientèle, surtout pour les non-initiés, il n'est pas toujours aisé de faire pénétrer cette expression un peu abstraite.

» En général, le kilowatt, l'hectowatt passent plus facilement grâce à l'usage des tarifs.

» Néanmoins, nous ne nous élèverions pas contre l'emploi du *kilovolt-ampère* et souhaitons même qu'il devienne d'usage aussi courant que l'expression *puissance apparente*.

» Mais tel qu'il est, je trouve le texte actuel de l'Union, complété par le paragraphe 2, très suffisant et hors de critique.

» 3° § 1 c. *Puissance des réceptrices*. — Il conviendrait plutôt de féliciter l'Union des Syndicats d'avoir introduit dans ses Instructions l'expression de la puissance utile sur l'arbre des réceptrices en kilowatts, que de la blâmer d'avoir conservé le cheval.

» Fallait-il rayer définitivement le *cheval* du langage industriel ?

» C'est affaire d'éducation particulière ; les constructeurs et exploitants doivent d'abord parler un langage compris de leurs clients.

» Propageons l'usage du kilowatt et du watt dans la pratique ; affectons, même si l'on doit nous qualifier de préciosité, de l'employer ; peu à peu la clientèle s'y fera et abandonnera le cheval ; nous ne ferons pas campagne pour en maintenir l'usage.

» 5° Page 4 (§ 2). — Le cas d'appareils ne produisant que du courant en quadrature n'a effectivement pas été envisagé non plus que celui des appareils surexcités à courants alternatifs.

» Il pourra y être satisfait, quand besoin sera, par l'affectation de signes, par exemple, ou par tout autre système à imaginer.

» Ce ne sera pas une difficulté ; l'application n'est pas brûlante ; est-elle même déjà à considérer ? Combien existe-t-il, en service, de machines produisant uniquement des courants en quadrature ?

» Plus tard, s'il se rencontre des applications pratiques de ces curieux appareils, nul doute qu'une place ne leur soit faite dans les réglementations.

» 5° Prenons l'observation concernant le paragraphe 4.

- » Avec la ponctuation qui convient, nous lisons :
- « Pour les génératrices, moteurs et transformateurs non immergés ;
- » La température,
- » Des circuits d'excitation parcourus par du courant continu,
- » Ainsi que celle de tous les enroulements fixes,
- » Pourra être déterminée par l'augmentation de résistance. »
- « N'est-ce pas suffisamment clair ?

» 6^e Page 4 (§ 166). — Il y est dit :

- » Les conditions de surcharge ne s'appliquent pas aux moteurs synchrones et asynchrones à courant alternatif simple. »

» C'est un avis fort sage, croyons-nous, parce qu'en l'état actuel de l'industrie électrique la prescription d'une surcharge pour de tels appareils ne répondrait réellement pas à une condition intéressante à réaliser.

» Il est assez logique, par conséquent, d'avoir précisé les limites d'application de telle clause des Instructions concernant des appareils spéciaux.

» L'Union des Syndicats a été sagement inspirée en s'en tenant aux appareils d'emploi pratique courant.

» Pour légiférer sur ceux encore en espérance, il faudrait remettre probablement un peu loin la publication d'Instructions répondant à des besoins pressants.

» Cela n'empêchera pas, quand le temps et le progrès auront fait leur œuvre, d'introduire des clauses de surcharge pour des engins d'un caractère non prévu jusqu'ici.

» Pour revenir à notre sujet, les Instructions envisagent certaines épreuves d'endurance par assimilation avec ce qu'on fait parfois dans les applications purement mécaniques.

» Cette épreuve, considérée comme garantie de bonne exécution, est-elle à recommander pour les machines électriques ou faut-il, si elle n'est qu'un trompe-l'œil, la déconseiller ?...

» C'est un point à débattre et sur lequel les opinions peuvent différer.

» Telle quelle, la clause ne peut vraiment pas gêner, étant bien entendu que la surcharge ne concerne qu'une épreuve de robustesse

destinée au contrôle *exceptionnel* de la bonne exécution et à la vérification du coefficient de sécurité appliqué à la construction, garantissant ainsi le client contre un risque passager en vertu de l'adage :

« Qui peut le plus, peut le moins ».

Cela ne signifie pas que « le plus » soit possible ni exigible en permanence.

» Pour faire signifier autre chose à la surcharge, les machines devraient répondre à des spécifications différentes ; ce ne seraient plus des machines normales, si, par *construction normale*, l'on veut désigner l'art de tirer un parti judicieux des matériaux.

» 7^o ARTICLE 11 (§ 4). — *Méthodes de mesure de l'échauffement.*

» Du moment qu'on *peut* recourir à la comparaison des résistances, personne ne saurait manquer d'utiliser un procédé si indiqué.

» Tout le monde est bien convaincu qu'en cette matière il faut rechercher la *température mesurable* la plus élevée pour fonder une opinion valable.

» Si la comparaison des résistances est applicable, il ne faut pas hésiter à l'employer avec les précautions opératoires que la pratique enseigne pour arriver à des résultats suffisamment exacts.

» Le texte n'a jamais cherché à tromper personne et personne ne voudrait s'y tromper.

» Autre point :

» Pourquoi admet-on que la température des transformateurs immergés soit mesurée au thermomètre plongé dans l'huile à la hauteur des enroulements et à leur partie supérieure ?...

» La réponse est simple telle que nous la concevons :

» Des constructeurs et des exploitants dignes de foi ont basé ce choix sur leur expérience ; ils ont jugé que les températures ainsi relevées, et restant dans les limites fixées, permettaient une appréciation convenable et judicieuse de la qualité des appareils.

» Cette opinion n'est pas contestable, à notre point de vue, tout au moins jusqu'à ce que des expériences nouvelles soient venues l'infirmier.

» Il suffirait de comparer avec les règlements étrangers qu'on aurait tort de négliger pour juger si les Instructions françaises

modifiées en 1910 ont été téméraires ou ont pu porter préjudice au progrès.

» 8° § 5. — *Échauffements*. — Ce que nous avons dit du procédé de mesure dispense de longs développements.

» Pour les circuits inducteurs et analogues *fixes*, quand le procédé par comparaison des résistances est applicable, la *température moyenne mesurable* peut atteindre :

Avec isolement au coton :	
Échauffement admissible.....	50° C.
Supplément pour enroulements fixes.....	10° —
Ambiante	35° —
Température moyenne totale	95° C.

» Mais c'est, bien entendu, ce que doit donner la mesure comme *maximum admissible en service normal*.

» Les constructeurs restent libres de faire valoir leur matériel en restant au-dessous des limites.

» Ainsi les *conclusions de la première Section du Comité* sont *absolument respectées*, même en tenant compte des erreurs de mesure et de l'épreuve de surcharge.

» Je renvoie pour le surplus sur ce sujet au *Bulletin* de novembre 1909.

» 9° § 9. — Ici le texte de l'Union des Syndicats présente une omission vénielle que les lecteurs bien intentionnés ont relevée d'eux-mêmes; j'ai pris soin de la mettre, du reste, en évidence dans le *Bulletin* de juillet 1910 de la Société internationale des Électriciens par un renvoi approprié.

» Mais ce pauvre texte a joué de malheur et les typographes ont trahi mes intentions en imprimant le renvoi : *Défalcation indûment faite* au lieu de *Défalcation dûment faite*, ce qui a exigé une rectification mentionnée au *Bulletin* d'août-octobre.

» 10° Page 9, § 11 (2). — Pas d'observation.

» — (3).

» Il est bien facile de s'expliquer sur ce point.

» Le titre du paragraphe n'est tout simplement pas assez explicite et l'on a eu tort, sans doute, de conserver une locution qui sent un peu trop le langage usuel d'atelier.

» Par *inducteur compound*, on a voulu viser exclusivement l'*enroulement série*.

» Je puis assurer qu'une nouvelle édition remédierait à ce défaut plus apparent que réel.

» Il s'agit bien, en effet, de l'*enroulement série* puisqu'on spécifie incidemment dans le même alinéa que « la température du circuit dérivé sera déterminée par comparaison des résistances ». C'est assez significatif ; il serait superflu d'insister.

» La *température du circuit dérivé* est ainsi ce *qu'elle est*, sans ambiguïté possible ; si la valeur trouvée est supérieure aux limites admises, les sanctions prévues s'imposent. Aucun expert n'hésiterait à rebuter la machine qui, pour cette partie (*enroulement dérivé*), chaufferait exagérément ; autrement, ce serait manquer au simple bon sens qui ne peut faire défaut à un électricien compétent.

» Dans ces conditions, la température de l'enroulement série étant alors considérée comme moyenne de celle de l'enroulement dérivé (déterminée comme il vient d'être dit) et de celle lue au thermomètre sur l'enroulement série, *on arrive* finalement à *attribuer à l'enroulement série une température supérieure à celle réelle*, d'où une sécurité plus grande....

» C'est une conclusion radicalement opposée à celle qui vous avait été suggérée.

» Nous nous arrêterons là, pensant avoir dissipé les doutes qui auraient pu planer sur la confiance à accorder aux Instructions de l'Union des Syndicats.

» Celles-ci ont le très grand avantage d'exister, d'être appliquées et acceptées journallement sans contestations, ni difficultés, ni méprises autres que celles qui ont motivé notre intervention.

» D'autres à venir auront peut-être, comme la jument de Roland, toutes les qualités, mais en conservant, par contre, pour l'instant, le grave mais unique défaut de ne pas exister.

» Il y a mieux à faire, à notre avis, qu'à discréditer les entreprises consciencieuses et de bonne volonté : c'est d'y aider en temps, et dans les formes voulues, par des avis courtois et éclairés, d'ailleurs sollicités, et auxquels il serait certainement réservé bon accueil.

» Moyennant cela, nous pouvons penser que l'Union des Syndi-

cats ne faillira pas à la tâche d'intérêt commun qu'elle s'est imposée; elle tiendra à honneur certainement de perfectionner une œuvre qui lui est propre et à laquelle il n'y a, en définitive, pas de critiques sérieuses à opposer quant au fond.

» Ces explications vous auront montré, je l'espère, que les fondations de l'édifice ne sont pas mauvaises; les matériaux, quoi qu'on en dise, n'ont pas été trop mal employés; l'ensemble peut même supporter, comme vous avez pu vous en rendre compte, quelque assauts.

» Je termine.

» M. Boucherot a exprimé le regret d'avoir dû faire entendre des choses désagréables, croit-il, mais nécessaires à quelques amis.

» Le propre des amis est d'abord de ne pas s'offenser des vérités, quelque dures qu'elles puissent être.

» Mais, en l'espèce, je crois que notre Collègue peut abandonner toute crainte, puisqu'il a suffi de son intervention pour nous amener à préciser et éclairer les points qui l'inquiétaient et nous permettre de dissiper, nous l'espérons, toute divergence d'interprétation.

» C'est à cela que nous nous sommes attachés et, si nous avons pu y réussir, nous en serons très heureux pour sa tranquillité, pour la vôtre et celle de nos amis de l'Union des Syndicats. »

M. E. BRYLINSKI. — « Je désire, Messieurs, vous donner quelques renseignements complémentaires sur les *Instructions générales de l'Union des Syndicats de l'Électricité* dont nous a entretenus M. Boucherot à notre dernière séance.

» Deux reproches d'ordre général ont été formulés tout d'abord contre ces *Instructions*. Le premier est d'avoir adopté une rédaction confuse et parfois ridicule pour avoir négligé de catégoriser les différentes espèces de machines et avoir voulu édicter dans une même phrase des prescriptions prétendant s'appliquer à toutes les machines; le second est d'entraver, ou tout au moins de risquer d'entraver le progrès en ne laissant pas ouvertes les soupapes de sûreté qu'il aurait fallu. Liquidons dès à présent, si vous le voulez bien, ces deux observations.

» Il est certain qu'on aurait fait une œuvre plus claire, plus méthodique peut-être, et en tout cas de langage plus châtié, en

énonçant d'abord les prescriptions relatives aux génératrices à courant continu, puis celles relatives aux alternateurs, et ainsi de suite. Reste à savoir si le petit avantage qu'on y eût trouvé compense vraiment les inconvénients qu'on y aurait rencontrés. L'un de ces inconvénients est la longueur très grande qu'on eût donné au texte des *Instructions* ; il n'est pas bon que des *Instructions* de cette espèce s'allongent démesurément, car cela décourage beaucoup ceux qui ont à s'en servir. Mais un autre motif existe, qui a une bien autre valeur.

» Quand elle a entrepris sa tâche, l'Union des Syndicats ne s'est pas trouvée en face du néant. Le Syndicat des Industriels électriques avait depuis longtemps rédigé des *Instructions* qui avaient le double défaut d'être l'œuvre presque exclusive des constructeurs et d'avoir vieilli, mais qui n'en étaient pas moins d'un usage courant. On a pensé qu'il n'y avait pas lieu de faire table rase de ces *Instructions*, et qu'on accomplirait une œuvre plus utile en se bornant à les rectifier, à les compléter et à les rajeunir. Beaucoup a été fait dans cet ordre d'idées ; il était difficile de faire davantage du premier coup sans modifier profondément la disposition générale à laquelle tant de gens étaient habitués.

» Les avantages ainsi obtenus valent bien, à mon sens, quelques singularités de rédaction, moins graves peut-être qu'on ne nous l'a dit il y a un mois. C'est ainsi qu'au deuxième alinéa de l'article 4 il n'est pas question des enroulements à courant continu des transformateurs, mais de leurs enroulements fixes ; le texte complet de l'alinéa est le suivant :

« Cependant, pour les *génératrices, moteurs et transformateurs*
» *non immergés, la température des circuits d'excitation* parcourus
» par du courant continu, ainsi que celle de tous les enroulements
» fixes, pourra être déterminée par l'*augmentation de résistance*. »

» Il est bien certain que personne ne peut se tromper sur le sens des diverses parties de cet alinéa suivant la catégorie de machines qu'on envisage.

» Pour en finir avec cette question, je crois pouvoir dire que la rédaction signalée comme bizarre à l'article 4 résulte d'une simple erreur d'impression. L'Union des Syndicats avait, en effet, d'après

mes souvenirs, décidé que la puissance de la machine serait exprimée :

» *a.* Pour les *génératrices à courant continu*, en kilowatts aux bornes ;

» *b.* Pour *génératrices à courant alternatif* et les *transformateurs statiques*, en kilovolts-ampères aux bornes.

» Que celui qui n'a jamais laissé passer une erreur d'impression en corrigeant des épreuves jette la première pierre à l'Union des Syndicats. L'erreur en question a d'ailleurs une importance tout à fait minime, car l'article 2 exige sur la même plaque la mention du facteur de puissance, de telle sorte qu'on passera sans difficulté des kilowatts aux kilovolts-ampères.

» J'ai regretté pendant un temps, comme M. Boucherot, le maintien des *chevaux* de 75 kgm : sec. à l'article 1. Mais je dois reconnaître que les raisons purement contingentes pour lesquelles l'Union des Syndicats les a maintenus ont une valeur très sérieuse. Il n'est pas défendu d'espérer que cette indication en *chevaux* disparaîtra dans quelques années, et j'ai la conviction intime que l'Union des Syndicats ne s'opposera pas à cette disparition, lorsqu'on ne risquera plus de soulever, en opérant ainsi, de réels inconvénients dans la pratique.

» Pour les transformateurs, l'alinéa *b* de l'article 2 spécifie bien clairement que la tension primaire et la tension secondaire doivent être toutes deux indiquées, ainsi que les intensités primaires et secondaires, d'où résultent immédiatement les puissances apparentes primaire et secondaire.

» Je signalerai en passant que la puissance normale dont il est parlé à l'article 2 est précisément celle qui correspond aux indications que l'article 1 prescrit de mentionner sur la plaque. Cela paraissait tellement évident qu'on n'a, en quelque sorte, pas osé le dire.

» Pour répondre à la seconde objection, il est nécessaire de situer les *Instructions* dans leur véritable plan. Ces *Instructions* ne s'appliquent pas à toutes les machines électriques, mais seulement aux machines d'usage courant. C'est ainsi, par exemple, qu'il a été bien entendu qu'elles ne s'appliquent ni aux génératrices accouplées à des turbines à vapeur, ni même aux grandes génératrices

des centrales importantes. *A fortiori* ne s'appliquent-elles ni aux machines tout à fait exceptionnelles que sont les moteurs synchrones surexcités servant exclusivement à relever le $\cos \varphi$ d'un réseau, ni aux machines encore inexistantes qu'il y aurait lieu d'excepter des essais de surcharge en surplus des moteurs à courant alternatif simple.

» D'autre part, ces *Instructions* ne sont pas un cahier des charges type, et il en résulte immédiatement que les protestations élevées contre la *faculté* de mesurer les températures de certains circuits, soit par variation de la résistance, soit au moyen du thermomètre sont sans fondement.

» L'élaboration des *Instructions* a été motivée par l'existence d'un grand nombre de cahiers des charges particuliers, souvent disparates, et contenant parfois des clauses singulières. Leur raison d'être a été, non pas de supprimer ces cahiers des charges, mais de tendre à les unifier le plus possible et en même temps à les simplifier considérablement en leur permettant de se borner à mentionner les points sur lesquels il y a lieu de choisir entre deux alternatives permises par les *Instructions* ou de leur apporter quelques modifications. Leur but était en même temps de préciser un certain nombre de dispositions considérées comme normales pour le matériel courant, afin d'éviter des prescriptions rigoureuses nécessitant la construction d'un matériel spécial, et par conséquent coûteux, dans des cas où il n'y avait aucune utilité à le faire.

» Il résulte de là que toute commande de matériel électrique est forcément accompagnée d'un cahier des charges. Ce dernier peut être réduit à la plus extrême simplicité et comporter uniquement la désignation des machines et l'indication qu'elles doivent être conformes aux *Instructions générales de l'Union des Syndicats* ; mais il ne peut être supprimé en fait, qu'on l'appelle *cahier des charges* ou *lettre de commande*. Dès lors, tout acheteur a le droit de préciser : « Pour tel ou tel circuit, la température sera déterminée par » la variation de résistance. »

» Aucune objection ne pourra être élevée contre cette précision, aucune majoration ne pourra être demandée en compensation, puisqu'elle est expressément prévue dans les *Instructions*. Je ne vois pas, dans ces conditions, pour quel motif on pourrait pro-

tester contre la faculté, laissée à ceux des acheteurs qui préfèrent ce mode expérimental, de faire les mesures au thermomètre.

» Plus grave paraît être l'objection soulevée contre la méthode préconisée à l'alinéa $\alpha\beta$ de l'article 11 pour mesurer la température de certains circuits d'excitation compound; mais cette objection résulte d'un simple malentendu sur le sens de l'expression *inducteurs compound*, qui a été employée, comme c'est d'usage dans les ateliers, dans le sens d'enroulement série de l'excitation compound.

» Au cas où une divergence d'interprétation se produirait, l'acheteur serait garanti complètement par l'article 3, posé comme principe fondamental, et ainsi conçu : « La *température maxima* d'une machine ou d'un transformateur doit être compatible avec la conservation de l'isolant. »

» C'est également à la lumière de cette notion fondamentale qu'il faut examiner l'objection de M. Boucherot relative aux machines devant fonctionner dans un local dont la température dépasse 35°. Se fondant sur la correction précisée à l'alinéa *b* de l'article 9, notre éminent collègue a cru que cette correction était la seule à opérer dans ce cas et en a conclu que l'application régulière du texte des *Instructions* conduirait à construire des machines qui grilleraient infailliblement en pareil cas. J'estime que c'est un point de vue erroné.

» Le principe fondamental de la réglementation est celui de la conservation des isolants, qui a été posé en tête de ses modes d'application expérimentale et fait l'objet d'un article spécial afin de mieux ressortir. Les échauffements définis à l'article 5 ont pour but de fixer pour les différents circuits des températures limites, que l'on considère comme ne devant pas être dépassées sans inconvénient et ces échauffements sont évalués en partant d'une température d'essais de 35°, dont on a également fait un article séparé pour qu'il n'y ait pas de malentendu.

» Il ressort de là avec évidence (c'est le bon sens même qui l'indique, et il n'est pas *nécessaire* d'ajouter un renvoi pour le préciser) que si la machine doit fonctionner dans un milieu de température $35^{\circ} + \theta'$, la température de ses enroulements ne doit pas devenir supérieure à celle qui est obtenue dans les essais à 35° et qui est une limite. Il est donc indispensable de réduire de θ' la valeur des

échauffements prévus. Cela tombe sous le sens, et si l'on peut regretter, au point de vue de la clarté parfaite du texte, que cette correction élémentaire n'ait pas été explicitement indiquée, on doit reconnaître qu'il faudra faire abstraction complète de l'article 3 pour supposer qu'elle ne doit pas être faite.

» L'Union des Syndicats a été plus loin. On lui a signalé que l'élévation de la température ambiante d'exploitation réduirait la différence de température entre la machine et le milieu, d'où résulterait une diminution de rayonnement, et par suite un refroidissement moindre de la machine; qu'en un mot, les échauffements au-dessus de l'ambiante en exploitation seraient supérieurs à ceux en essais et que, par conséquent, la température de la machine dépasserait les limites admissibles.

» C'est précisément pour tenir compte de cette diminution de refroidissement qu'a été édictée la correction de l'alinéa *b* de l'article 9, qui a pour but de réduire l'échauffement admis pendant l'essai à 35°, afin que l'échauffement en service, qui sera plus grand que l'échauffement en essais, n'amène pas la machine à une température excessive.

» J'ajouterai que l'existence de cette correction est une nouvelle preuve de l'exactitude des explications que je viens d'exposer, car si les échauffements devaient rester les mêmes, quelle que soit la température du local d'exploitation, le rayonnement de la machine resterait le même et la correction de l'article 9 *b* n'aurait aucune raison d'être.

» Une autre objection, à la fois plus grave et plus générale, est que l'Union des Syndicats a négligé de s'entourer au préalable de résultats d'expériences spécialement exécutées et qu'elle a, par suite, admis des températures beaucoup trop élevées. Cette objection me paraît manquer de base, car les résultats d'expérience sur lesquels s'est basée l'Union des Syndicats dépassent de beaucoup tous les essais de laboratoire, quelque ampleur qu'on puisse leur donner, puisqu'ils sont ceux que donne le matériel électrique allemand en exploitation courante. Vous savez que les Allemands sont de très gros constructeurs de matériel électrique, dont ils inondent, non seulement leur pays, non seulement leurs voisins, mais le monde entier. Il y a donc, de par le monde, une quantité énorme

de matériel allemand, construit suivant des règles déterminées qui n'ont pas varié depuis plusieurs années, qui a subi la plus dure et à la fois la plus concluante des expériences, celle de l'usage. Cette expérience lui est favorable ; je me garderai bien de dire, car je ne le pense pas, que le matériel allemand soit dans l'ensemble supérieur au matériel français ; je ne dirai pas davantage qu'il soit uniformément bon, mais je considère comme incontestable qu'il est suffisant dans l'ensemble. C'est sur cette expérience en grand que s'est appuyée l'Union des Syndicats en adoptant pour températures de ses *Instructions générales* celles précisément qui ont fait leurs preuves dans les *Normes* allemandes. Je ne crois pas qu'on puisse le lui reprocher. J'ajouterai incidemment que c'est un pas fait dans la voie de l'unification internationale des spécifications de matériel électrique.

» Il me reste, mes chers collègues, à m'excuser de vous avoir entretenus si longuement d'un sujet aussi aride. Mais l'autorité de M. Boucherot est trop grande, et l'importance de cet ordre de questions trop considérable dans la vie de tous les jours, pour qu'il n'ait pas été nécessaire de dissiper les malentendus qui auraient pu subsister sur le sens des *Instructions générales* à la suite des observations formulées le mois dernier.

» Si, d'ailleurs, l'*Union des Syndicats* n'a pas solennellement demandé à notre Société l'appui de ses conseils, il importe de ne pas perdre de vue que tous les membres influents de cette *Union* sont également membres de notre Société et que plusieurs ont joué dans notre Société et y jouent encore un rôle des plus importants. Ces deux groupes se pénètrent suffisamment par la tête pour que des échanges officiels d'avis sur des matières comme celle des *Instructions générales* m'apparaissent, en ce qui me concerne, comme superflues, les relations personnelles exerçant en pareil cas une influence beaucoup plus efficace que des relations officielles.

» Cette influence vient une fois de plus de prouver sa valeur : car le *Comité de l'Union des Syndicats*, après avoir approuvé le sens des observations que je viens d'avoir l'honneur de vous présenter, a tenu à marquer son désir d'éviter tout malentendu sur les points examinés par M. Boucherot dans la dernière séance et pris à cet effet les décisions suivantes :

» 1° La puissance des génératrices à courant alternatif et des transformateurs statiques (art. 1 b) sera exprimée en *kilovolt-ampères* aux bornes et non en *kilowatts*.

» 2° L'alinéa b de l'article 9 sera complété par la phrase suivante :
» et diminuées ensuite de la différence entre la température
» ambiante du local où doit fonctionner la machine et la tempéra-
» ture de 35° admise pour les essais. »

» 3° A l'article 11, les mots « inducteurs compound » seront remplacés par l'expression « enroulements série d'excitation compound ».

» Je suis heureux, Messieurs, de pouvoir vous apporter une preuve tangible du vif désir qu'a l'Union des Syndicats d'amener le texte de ses *Instructions* non pas à un degré de perfection absolue qui n'est pas de ce monde, mais du moins à une rédaction qui recueille l'adhésion de la quasi unanimité des électriciens. »

M. LEGOUÉZ. — « Messieurs, j'ai eu l'honneur d'être le représentant des industriels dans la Commission intersyndicale qui a préparé les instructions générales pour la fourniture et la réception des machines et transformateurs, et c'est à ce titre que je me permets de prendre la parole.

» Le Syndicat des constructeurs avait depuis longtemps rédigé et fait accepter par la clientèle des instructions analogues. Lorsqu'il a eu l'intention de les reviser, il a demandé au Syndicat des usines, organe autorisé des plus gros acheteurs de machines, de lui signaler les modifications qui lui paraîtraient opportunes ou nécessaires. Discuter ces modifications, a été l'objet très simple, très modeste, de la Commission intersyndicale.

» C'est avec le plus grand plaisir que j'ai suivi la discussion qui vient de faire faire à notre œuvre un pas de plus, et je tiens à remercier la Société internationale, et tout particulièrement M. Boucherot, d'avoir bien voulu la soumettre à la critique des savants, critique un peu dure parfois, mais que nous acceptons avec d'autant plus de reconnaissance qu'elle montre l'importance de notre œuvre.

» Il est bien entendu, et M. Brylinski vous l'a dit, vous l'a

prouvé, en acceptant immédiatement quelques modifications de forme, que nous serons heureux de suivre vos conseils techniques. Entre parenthèses, c'est avec plaisir que j'ai constaté qu'on n'avait aucune faute grave à nous reprocher, mais seulement des faiblesses de rédaction. Le souvenir des volées de bois vert que le regretté M. Hospitalier administrait dans son journal aux imprudents qui abordaient le domaine technique sans une préparation suffisante, m'avait inspiré une certaine anxiété, et, après la communication de de M. Boucherot, j'ai poussé un soupir de soulagement.

» Mais qu'il me permette de le lui dire : ce n'est ni aujourd'hui, ni même demain, que nous pourrons lui apporter une œuvre académique, une vérité toute nue. L'industriel est soumis aux lois de la concurrence, il doit se mettre à la portée de sa clientèle et se garder de bouleverser ses habitudes. Quel que soit son désir de progrès, il doit marcher pas à pas et ne peut faire admettre les idées nouvelles que dissimulées sous le manteau des vieilles habitudes, et c'est pourquoi j'ai fait tout le temps appel au concours de l'expérience de M. Hillairet, qui n'a cessé, avec juste raison, de réclamer qu'on s'écarte le moins possible des instructions en usage.

» En renouvelant nos remerciements à la Société internationale, nous faisons donc appel à son indulgence, à sa patience. Que M. Boucherot nous continue son concours, et petit à petit, avec les années, nous arriverons, j'espère, aux instructions idéales qu'il rêve. »

M. BOUCHEROT. — « Je m'étonne, Messieurs, que, prenant prétexte d'observations au procès-verbal de la dernière séance, on ait pu engager une discussion aussi complète. Une telle levée de boucliers aurait dû avoir les honneurs d'une inscription à l'ordre du jour; celui contre qui elle est dirigée eût pu, en effet, ne pas se trouver ici ce soir pour une raison quelconque.

» Je rappellerai d'abord que je n'ai pas réellement discuté les Instructions des Syndicats : j'ai parcouru devant vous une douzaine de paragraphes, sur 47, afin de montrer que notre approbation ne peut pas être acquise d'emblée à ce document. M. Brunswick nous avait invités à le critiquer, mais la nature des arguments qu'il emploie dans sa réponse me fait penser à certains Espagnols qui

ont l'habitude de répondre, lorsqu'on les félicite à propos d'un objet quelconque en leur possession : « Il est à vous », avec l'intention bien arrêtée de ne pas vous le donner si vous acceptiez.

» Devant cette avalanche d'arguments, parfois contradictoires, mon embarras est grand, de répondre sans aucune préparation; peut-être oublierai-je quelques détails.

» Je dis qu'il y a quelques contradictions chez mes distingués adversaires : d'une part on admet que le client ne sait rien, d'autre part qu'il sera capable, de lui-même, de redresser les parties défectueuses du texte; d'une part on dit que les Instructions antérieures n'ont donné lieu à aucune difficulté dans l'application, d'autre part que leur revision était devenue une « impérieuse nécessité »; d'une part, assimilant les Instructions à une forteresse inexpugnable, on prétend qu'elle a résisté à quelques assauts, d'autre part on nous annonce qu'elle a cédé sur trois points — et quelques virgules.

» Il y a dans la réponse de M. Brunswick diverses choses à côté de la question dont je ne m'occuperai pas. Je ne m'attarderai pas non plus à examiner si le fait d'avoir présenté les Instructions définitivement éditées à la première Section, avant de les avoir présentées en réunion mensuelle, suffit à sauver les apparences, et je passerai de suite à la partie technique.

» Je ne vois pas bien, en effet, quelle serait l'utilité de la définition des *commutateur*, *interrupteur*, *coupe-circuit*, etc., dans des Instructions concernant les machines et transformateurs, mais il n'en est pas de même pour les expressions *puissance normale*, *continue*, *intermittente*, *variable*; je suis certain qu'on ne trouverait pas ici, ce soir, dix personnes donnant des définitions identiques de ces quatre expressions.

» En faveur du maintien de la puissance réelle contre la puissance apparente, M. Brunswick dit que beaucoup de clients ne savent pas ce que c'est que la puissance apparente; ceux-là savent-ils mieux ce que c'est que le $\cos \varphi$, cependant reconnu indispensable partout le monde? Mais sur ce point les Syndicats ont répondu aussi et je n'insiste pas, puisqu'ils me donnent raison (1).

(1) Il faut mentionner cependant la proposition de M. Brunswick « d'affecter d'un signe le facteur de puissance des appareils surexcités à courants alternatifs! »

» Je ne peux pas répéter ce que j'ai dit en novembre au sujet du cheval et du kilowatt. Puisque le watt est l'unité légale de puissance du système métrique, il ne faut pas mettre le cheval *sur le même pied*. Je sais bien qu'on parlera encore longtemps de chevaux, de sous, de perches, de livres, mais il faut faire une différence entre ces unités baroques et les autres; et c'est une plaisanterie de soutenir que le client sait ce que c'est qu'un kilowatt quand il achète une génératrice et qu'il ne le sait plus quand il achète un moteur.

» Au sujet des mesures de températures, je vois que M. Brunswick est tout à fait de mon avis; il en est probablement de même pour d'autres personnes des Syndicats; mais alors pourquoi dit-on juste le contraire de ce qu'il faudrait dire?

» Et nous arrivons pour terminer à cette confusion des inducteurs compound qui sont des enroulements série.

» Il faut de la bonne volonté pour interpréter ainsi un texte dans lequel on trouve à la fois : inducteurs compound, circuit en série et circuit dérivé. D'ailleurs le voici :

« On prendra comme température des inducteurs compounds :

» α . Si le circuit en série inaccessible est placé sous le circuit dérivé, la température de ce dernier, déterminée par comparaison des résistances.

» β . Si le circuit..., etc.

» Mais puisque les Syndicats changent cela, je n'insiste pas.

» Pour le surplus, M. Brunswick n'a pas compris le sens précis de mes observations; je n'ai jamais parlé de légiférer sur les appareils en espérance et je n'ai pas de jument à vendre.

» Je réplique maintenant à M. Brylinski, sa réponse ne faisant pas double emploi avec celle de M. Brunswick, loin de là!

» Quand je prétends que de telles instructions gagneraient à être rédigées séparément pour les diverses catégories de machines, je n'entends pas par là qu'on les réunisse ensuite en un volume dont on imposerait la lecture totale à tout client. Dans mon esprit, il y aurait plusieurs fascicules et le client qui voudrait être renseigné sur les machines à courant continu n'aurait même pas besoin d'acheter le fascicule des alternateurs, ni celui des transformateurs, ni celui des moteurs asynchrones, etc.

» M. Brylinski nous fait ensuite une déclaration pleine d'intérêt : c'est qu'il a été bien entendu que les instructions ne s'appliquent qu'aux machines d'usage courant et pas du tout à certaines machines telles que : génératrices pour turbines à vapeur, grandes génératrices pour centrales importantes, moteurs synchrones surexcités, etc. Mais le public, dont je suis en ce moment, ne sait pas que de telles réserves ont été formulées au sein de la Commission intersyndicale. Il aurait fallu dire cela en tête des Instructions.

» Au sujet des corrections de température quand l'ambiance change, je sais bien qu'il n'y a eu qu'un oubli, et je l'ai dit, mais un oubli regrettable si l'on veut penser à la clientèle non compétente en vue de laquelle surtout, je le répète, doivent être faites de telles instructions. Il va être réparé, c'est bien.

» Mais puisque nous parlons de ces corrections de température, je me permettrai d'apporter quelques explications complémentaires à leur égard, pour ceux que cela peut intéresser.

» La correction de 5 pour 1000 par degré à faire sur l'échauffement d'une machine, quand les conditions de température ambiante varient, est connue depuis longtemps. Nous l'avons introduite il y a 5 ou 6 ans dans les réponses au *Questionnaire de la Marine*, et elle était déjà connue à ce moment. Elle ne correspond pas à une différence de *rayonnement* (celui-ci reste sensiblement le même), mais à une augmentation de l'*effet Joule* et une diminution de la *convection* par suite de la moindre densité de l'air quand la température augmente. Si toutes les pertes étaient par effet Joule, la correction, de ce fait, serait déjà de 4 pour 1000, augmentation de résistance du cuivre. Si tout le refroidissement se faisait par convection, la correction de ce fait serait encore de $\frac{1}{300}$ environ, variation de la masse de l'air dans un volume donné. Au total ce serait 7 à 8 pour 1000 de correction à apporter; mais comme une partie seulement des pertes correspond à de l'effet Joule, et comme une partie seulement du refroidissement est due à la convection, on s'en tient à 5 pour 1000.

» Revenons à la question.

» En somme, sauf pour la question des mesures des températures (car je laisse de côté les petites questions de virgules mal placées et d'erreurs mises sur le compte des typographes), sauf sur

cette question, dis-je, les Syndicats ont eu le bon esprit d'admettre mes critiques, d'après ce qui vient de nous être dit par MM. Brylinski et Legouéz. En cela, je me déclare battu !

» En présence de ce résultat, je regrette vraiment de ne pas être allé, l'autre jour, jusqu'au paragraphe 47 des Instructions, et je reconnais m'être trompé en soupçonnant les Syndicats de nous avoir mis systématiquement de côté dans cette affaire.

» Répondant au désir exprimé par M. Legouéz, je suis disposé à leur continuer mon concours et, dans ce but, je reprendrai, pour terminer ce soir, la question des mesures des températures qui n'est pas, quoiqu'il en croie, une simple question de rédaction.

» Je suis de l'avis de M. Brylinski que, lorsqu'un acheteur indiquera dans sa commande que la machine devra être conforme aux Instructions générales de l'Union des Syndicats, il aura le droit d'ajouter : « Pour tel ou tel circuit, la température sera déterminée » par la variation de résistance. » Mais le malheur est que, en prenant la thèse du client qui ne sait rien, il ne le fera pas. Il en résultera l'impossibilité, pour un tribunal ou un arbitre, de trancher la question.

» L'acheteur, dites-vous, sera toujours garanti par l'article 3 qui proclame que la température maxima doit être compatible avec la conservation de l'isolant. Mais vous n'ignorez pas que pour certaines températures, il faut attendre des mois avant que l'isolant soit détérioré ; on ne saurait songer à faire des essais pendant plusieurs mois.

» S'il était possible d'appliquer cet article, de principe, mais malheureusement platonique, il suffirait alors de supprimer les autres, et je serais le premier à préférer ce laconisme à la fixation de températures limites sans que les méthodes propres à les déterminer soient précisées. Les valeurs de certaines températures admises dans les Instructions correspondent à la mesure par variation de résistance ; il ne faut donc pas laisser la latitude de faire la mesure au thermomètre.

» En résumé toute la question tient dans ce lemme que personne ne peut contester :

» *Le chiffre à admettre comme température limite d'un organe est inséparable de la méthode de mesure employée.* »

M. le PRÉSIDENT. — « Je remercie vivement, au nom de la Société, les orateurs qui ont bien voulu prendre part à cette intéressante discussion.

» Des instructions telles que celles dont il vient d'être question sont fort utiles. Leur titre même exclut l'idée d'une réglementation étroite et immuable. Cette discussion fait ressortir une fois de plus, cependant, la difficulté de réglementer.

» Pour maintenir la liberté indispensable aux progrès de l'industrie, tout en sauvegardant les intérêts de ceux qui recourent à elle, on ne saurait trop recommander la parfaite définition des services à assurer et de leurs sujétions particulières. Le contrôle doit porter alors, autant qu'il est possible, sur la vérification des résultats escomptés dans les conditions mêmes d'emploi prévues.

» L'industrie automobile est un exemple saisissant à l'appui de cette opinion. Soumis aux règles qu'auraient pu édicter les meilleurs mécaniciens, aucun des merveilleux engins dont nous jouissons aujourd'hui n'aurait pu voir le jour. Mais le but à atteindre était clairement désigné, la sanction du succès facile à établir sur la route elle-même. Les constructeurs, forts de l'entière liberté des moyens qui leur était consentie, ont su réussir. »

COMPTE RENDU DE L'EXCURSION A LENS ET A BRUXELLES.

M. BOCHET. — « Mes chers Collègues, le voyage à Lens et à Bruxelles, organisé par le Bureau de la Société, s'est accompli avec un entier succès les 8, 9, 10 et 11 octobre dernier.

» Je dois tout d'abord remercier la Compagnie du Nord pour la réduction de tarif qu'elle a bien voulu nous consentir sur la très aimable intervention de notre dévoué collègue M. E. Sartiaux.

» Pour la concession de cet avantage, comme pour l'organisation matérielle du voyage et la visite de la Section française à l'Exposition de Bruxelles, M. E. Sartiaux nous a donné une nouvelle preuve de son inépuisable obligeance, et je tiens à lui exprimer nos plus vifs remerciements.



Fig. 1.

» Le vendredi soir 7 octobre, une vingtaine de nos collègues (*fig. 1*) quittaient Paris pour aller coucher à Lens, afin de pouvoir consacrer la journée entière du lendemain à la visite détaillée des Mines de Lens.

» Ils furent rejoints, le samedi avant déjeuner, par ceux qui désiraient visiter seulement les installations du jour.

» Bien que la haute courtoisie et l'accueillante affabilité de la Direction des Mines de Lens nous fussent connues, nous ne pouvions nous attendre à la chaleureuse et amicale réception qui nous était réservée. Non seulement le Directeur général, notre éminent collègue M. Reumaux, tint à venir présider lui-même le lunch qui nous était aimablement offert par sa Société, mais le Directeur général adjoint, M. Cuvelette, accompagné des ingénieurs des divers services, nous consacra sa journée entière, de 8 h du matin à 6 h du soir, et nous donna, avec la plus parfaite bonne grâce et une très large compétence, des renseignements techniques et pratiques, précis et détaillés, sur les installations si intéressantes que nous visitâmes.

» Nous tenons à renouveler ici nos très sincères remerciements à MM. Reumaux, Cuvelette, Lafitte, Fougerolles, Leroy, Revel, Besson, Hanicotte, Verrier, de Place, Dinoire.

» L'admirable activité des houillères du Nord de la France a été magistralement mise en lumière par M. Reumaux dans le discours par lequel il a inauguré, en 1908, sa présidence de la Société des Ingénieurs civils.

» Parmi ces Compagnies minières, la Société de Lens se place en première ligne. La production annuelle de cette Compagnie atteignait, en 1907, 3 413 000 tonnes, soit près du dixième de la production totale française. Ses concessions s'étendent sur 6939 ha et l'effectif de son personnel est de 14 484 employés et ouvriers.

» La visite du fond s'est effectuée par le puits n° 5, sous la conduite de M. Leroy, ingénieur de cette fosse.

» L'examen des dispositifs d'extraction, des méthodes d'exploitation et des appareils auxiliaires de perforation et ventilation a vivement intéressé les visiteurs.

» Après avoir repris notre tenue habituelle dans le vestiaire confortable de la fosse 5, nous nous sommes rendus, par train spécial, au siège 12 bis pour y voir les ventilateurs commandés électriquement.

» Nous primes part, ensuite, au lunch que nous offrait la Compagnie dans sa belle salle des fêtes. A cette occasion, M. le Directeur général Reumaux souhaita la bienvenue aux membres de la Société internationale des Électriciens en des termes qui nous touchèrent profondément. Aussi, en le remerciant, votre Président

s'efforça-t-il d'exprimer les sentiments de gratitude que nous éprouvions, en même temps que notre sincère admiration pour les œuvres industrielles et philanthropiques réalisées par la Compagnie des Mines de Lens, sous la direction si sage et si éclairée de M. Reumaux.

» Nous avons tout particulièrement remercié la Direction des Mines de Lens de la proposition qu'elle a bien voulu nous faire, de mettre à la disposition de la Société internationale des Électriciens le vaste champ d'expériences que constituent ses réseaux électriques pour poursuivre l'étude des phénomènes de surtension qui préoccupent à si juste titre les ingénieurs.

» Il n'est pas douteux que nos collègues des première et quatrième sections sauront mettre à profit cette offre gracieuse.

» Après le lunch, nous eûmes le très vif plaisir de visiter l'une des cités ouvrières de la Compagnie. Là, se manifeste la conception élevée que la Direction s'est faite du rôle social de la Compagnie. L'idée directrice est de moraliser et de fixer l'ouvrier par la vie de famille. Dans ce but, la Compagnie s'occupe, avec un merveilleux dévouement, du bien-être matériel, intellectuel et moral de ses ouvriers, de leurs familles, et tout particulièrement de leurs enfants dont elle assure l'éducation complète depuis l'âge de trois ans jusqu'à celui de quinze ans. En plus d'une bonne instruction primaire, les enfants sont exercés au jardinage. Les jeunes filles apprennent l'économie ménagère, la cuisine, la couture, etc., en un mot tout le nécessaire pour devenir de bonnes maitresses de maison et d'excellentes mères de famille.

» Enfin, tandis qu'elle forme des ouvriers mineurs parfaitement préparés par un long apprentissage, la Compagnie s'efforce de retenir les jeunes filles dans les familles, en les employant dans ses ateliers de triage ou en leur assurant des occupations instructives ou rémunératrices. Dans ce but, elle met à leur disposition des ateliers de couture, admirablement aménagés, qui sont administrés et exploités en toute indépendance par les pères de famille.

» En dehors du grand intérêt général que présente l'organisation et l'exploitation des Mines de Lens, cette Compagnie a donné à la production et à l'utilisation de l'électricité une extension considérable qui mérite toute l'attention de nos collègues. La puissance totale des génératrices en service aux Mines de Lens atteint, en

effet, 18 220 kw ; celle des appareils d'utilisation du courant est de 11 520 kw. Les canalisations électriques qui parcourent la concession ont une longueur de plus de 90 km ; elles sont entièrement souterraines.

» Une partie de l'énergie est utilisée par les services de la Compagnie ; une autre partie est vendue à la Compagnie électrique du Nord, qui en assure la distribution dans la région.

» Le courant est produit sous forme de triphasé à 5 000 volts, porté à 15 000 volts et 45 000 volts pour son utilisation à longue distance.

» Actuellement, l'électricité n'est qu'un sous-produit précieux pour les Mines de Lens, mais ce transport de l'énergie empruntée à la houille, sur la mine même, n'en est pas moins un acheminement vers l'extension de cette solution logique rendue si pratique par les électriciens.

» Les avantages qui résultent pour la prospérité générale du pays de la distribution économique de l'énergie n'ont plus à être démontrés ; ils se manifesteront même pour les compagnies de transports qui, au premier abord, semblent menacées par cette concurrence.

» L'étude des installations de Lens offre encore un particulier intérêt en raison du judicieux éclectisme de leur organisation.

» Les groupes générateurs sont, en effet, composés de :

Vapeur à haute pression.

1 groupe moteur à vapeur, à pistons, compound.....	680 kilowatts
1 turbo-alternateur.....	1000 —
3 groupes moteurs à vapeur compound de 850 kilowatts....	2550 —
3 turbo-alternateurs de 1750 kilowatts.....	5250 —
1 turbo-alternateur.....	180 —

Moteurs à gaz.

1 groupe moteur à gaz.....	320 —
3 — de 800 kilowatts.....	2400 —
2 — de 1600 kilowatts.....	3200 —

Vapeur à basse pression.

1 turbo-alternateur à basse pression.....	440 —
1 turbo-alternateur haute et basse pression.....	1000 —
1 — — —.....	550 —
1 — — — (en montage)...	650 —
18 220 kilowatts	

» La variété des solutions adoptées tient aux particularités de chacun des problèmes à résoudre pour l'utilisation de l'énergie disponible et aux moyens offerts par l'industrie au moment de leur réalisation.

» Des idées directrices nettes et sûres n'en ont pas moins été posées dès le début et suivies strictement dans l'application.

» Je signalerai tout d'abord la mise en parallèle de toutes les génératrices sur un réseau commun, malgré les objections que pouvait soulever ce mode de couplage avec des groupes électrogènes aussi dissemblables.

» Cette solution, réalisée avec un plein succès, offre les plus grands avantages pour l'exploitation.

» En déversant leur énergie dans une canalisation commune, la puissance des génératrices en service peut être bien proportionnée aux besoins de chaque instant. De plus, ces génératrices peuvent s'entraider et suivre les variations particulières à leur mode d'alimentation.

» J'appellerai aussi votre attention sur la méthode avec laquelle les chaleurs habituellement perdues ont été utilisées.

» La Compagnie des Mines de Lens a organisé ses services électriques précisément pour la bonne utilisation de cette source d'énergie, et ils se sont développés au fur et à mesure des perfectionnements réalisés dans ce genre d'utilisation.

» C'est ainsi que la vapeur des machines qui fonctionnent normalement à échappement libre, telles que les machines d'extraction, a été utilisée par l'ingénieux système de notre collègue, M. Rateau, la Compagnie appliquant successivement tous les perfectionnements de ce système au moyen des turbines utilisant la vapeur à haute et à basse pression.

» Les fours à coke ont permis une production considérable d'énergie électrique. Tout d'abord, les gaz chauds évacués par ces fours ont été utilisés au chauffage des chaudières à vapeur.

» Les perfectionnements tout à fait remarquables apportés à la constitution des fours à coke et à la fabrication de ce produit ont amené progressivement une utilisation meilleure.

» L'usage des fours à récupération de sous-produits et à régénérateurs de chaleur a limité la quantité de chaleur entraînée par les

gaz brûlés, mais a permis, par contre, de disposer d'un excédent considérable de gaz combustible. Il suffit, en effet, d'une partie des gaz provenant de la distillation de la houille pour maintenir à la température convenable les fours modernes. On dispose donc d'une quantité de gaz importante, d'autant plus considérable qu'on n'hésite pas à employer aujourd'hui pour la fabrication du coke de houille à forte teneur en matières volatiles.

» Ces gaz combustibles, utilisés au début pour chauffer directement les chaudières à vapeur, s'emploient maintenant directement dans des moteurs à explosions. La mise au point de ces machines utilisant un gaz aussi riche en hydrogène que celui des fours à coke a présenté de très grandes difficultés, mais celles-ci sont aujourd'hui résolues de la manière la plus satisfaisante, et c'est cette solution qui prend aux Mines de Lens une extension considérable.

» Je rappelle, à cette occasion, la très intéressante Communication présentée à la Société des Ingénieurs civils, à la séance du 4 décembre 1908, par M. le Directeur général adjoint Cuvelette, sur *l'Utilisation directe du gaz de four à coke dans les moteurs à explosion*.

» Je prierai aussi nos collègues de se reporter à la Note qui suit, obligeamment rédigée par M. H. Besson, ingénieur aux Mines de Lens : cette Note donne la description détaillée des installations électriques de la Compagnie.

» Après avoir examiné en détail l'organisation des batteries de fours à coke de Pont-à-Vendin, qui comporte au total 444 fours en service et 140 en construction, nous avons pu suivre les diverses opérations de la préparation du coke, le fonctionnement des broyeurs, transporteurs, défourneuses et enfourneuses utilisés dans ce service, et apprécier l'importance des usines à sous-produits tels que le sulfate d'ammoniac, les benzols et benzines, le brai, le toluène, les huiles, créosotes, graisses, vernis, la naphtaline, l'anthracène, les matières colorantes, etc.

» Après nous avoir fait visiter avec tant d'obligeance ces installations si remarquables, M. le Directeur général adjoint Cuvelette, et les ingénieurs de la Compagnie, nous ont reconduits jusqu'à la gare du chemin de fer du Nord, avec le train spécial qui nous a confortablement transportés en tous les points de la concession de Lens.

» Nous avons ainsi accompli avec une ponctualité parfaite, et avec autant de profit que d'agrément, le programme très complet que la Société des Mines de Lens avait pris soin d'établir pour notre visite.

» Ayant chaleureusement remercié nos hôtes, nous nous sommes rendus à Bruxelles, en nous arrêtant à Lille pour le diner.

» Le dimanche 9 octobre était laissé à la libre disposition des excursionnistes pour permettre à chacun d'eux de visiter à son gré Bruxelles ou les villes voisines : Anvers, Bruges, etc.

» Le lendemain 10 octobre a été consacré à la visite de l'Exposition.

» Les membres de la Société belge des Électriciens, ayant à leur tête leur très sympathique Président, M. Halleux, nous attendaient, à 10 h du matin, à la Nouvelle Collectivité des Électriciens belges, où ils nous offraient une collation.

» M. le Président Halleux nous souhaita la bienvenue en termes aussi flatteurs qu'amicaux, en rappelant que la Société belge des Électriciens était une proche parente, presque une fille de notre Société.

» Après l'avoir remercié cordialement, nous suivîmes avec le plus vif intérêt les explications de MM. Gérard, Alardin, Buels, Lambot, Van de Wiel et Plisnier, qui nous firent les honneurs de l'Exposition, reconstituée si activement par eux après la catastrophe qui a anéanti l'Exposition de la Collectivité de l'industrie électrique belge.

» Nous nous rendîmes ensuite à la Section française, que M. Lainé nous fit visiter en détail avec une bonne grâce parfaite. Ce fut une bien vive satisfaction pour nous tous d'admirer le très remarquable ensemble présenté par l'industrie électrique française dans le Groupe 5.

» Il serait trop long de donner une description de tous les appareils si intéressants exposés dans cette section; cette description est, d'ailleurs, l'objet de publications spéciales. Je me bornerai donc à exprimer les sincères félicitations de la Société internationale des Électriciens aux exposants de la Section française et à son organisateur, M. E. Sartiaux.

» Dans l'après-midi, nous visitâmes le Groupe 4 (Mécanique générale) renfermant de puissantes et intéressantes machines.

» Nous avons agréablement parcouru la Grande Galerie des Machines dans toute son étendue, sur le pont électrique.

» De là, notre Groupe se rendit au poste radiotélégraphique établi par nos collègues, MM. Carpentier, Gaiffe, Rochefort, poste puissant qui communique facilement avec des stations très éloi-

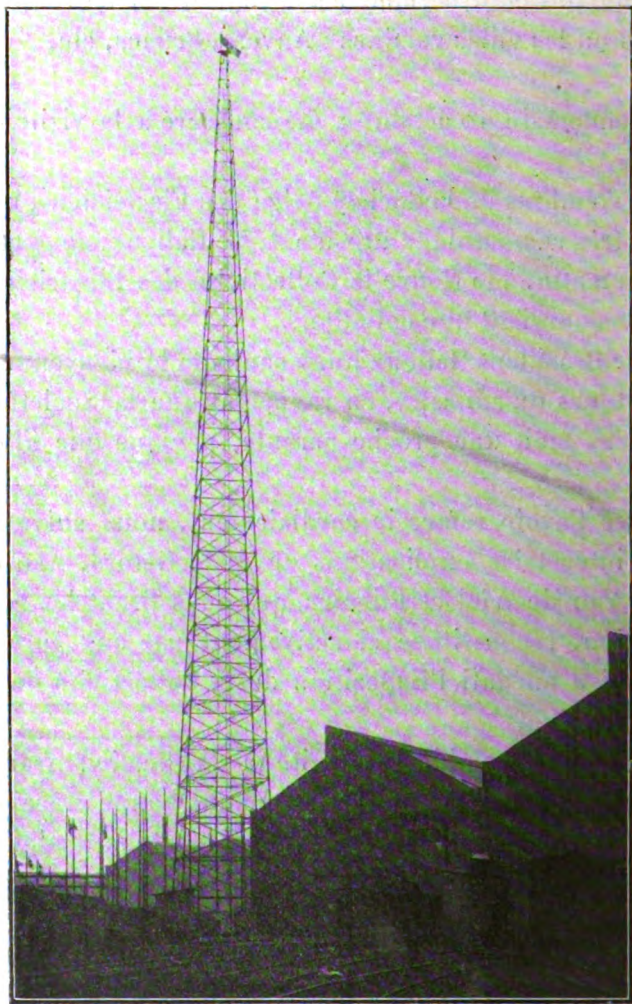


Fig. 2.

gnées. Les pylônes légers et hardis qui maintiennent l'antenne (*fig. 2*) ont 75 m de hauteur. Leur partie supérieure est une plateforme carrée de 0,60 m de côté ; leur base carrée a 7,50 m de côté.

Ces deux pylônes, distants de 150 m, supportent l'antenne en forme de grille horizontale : celle-ci est constituée par huit conducteurs espacés d'environ 1,25 m, à chacun desquels est fixé un conducteur de descente d'une centaine de mètres. Les huit conducteurs horizontaux sont tendus, avec une traction de 80 kg, entre deux vergues en bois fixées aux sommets des pylônes. Les huit descentes obliques, amarrées chacune à un conducteur horizontal, sont reliées entre elles à leur partie inférieure. La prise de terre est formée par des plaques de zinc soudées offrant une surface d'environ 150 m².

» La longueur d'onde employée par le poste radiotélégraphique de Bruxelles était de 940 m. Ce poste envoyait, au même tarif que les télégrammes ordinaires, des radiotélégrammes à destination de la France : ceux-ci étaient reçus par la station de la Compagnie Générale Radiotélégraphique établie rue des Plantes, à Paris, et équipée avec deux pylônes de 50 m de hauteur distants de 80 m.

» La journée se termina par la visite de la Section allemande.

» Le mardi matin, 11 octobre, nos fidèles collègues de la Société belge des Électriciens nous conduisirent, par tramway spécial, à

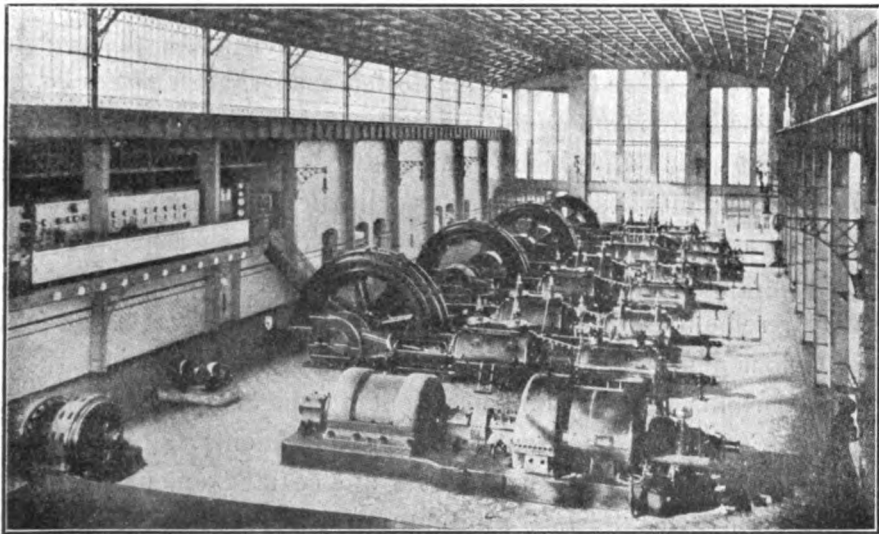


Fig. 3. — Usine centrale de Bruxelles.

l'usine centrale de la ville de Bruxelles. Le Directeur général, M. Wibow, accompagné de son adjoint, M. Lacomblé, et d'un

ingénieur, M. Brandenburg, nous reçurent avec une affabilité charmante, et nous montrèrent en détail cette importante usine.

» La salle des machines mesure 90 m de long sur 26 m de large, et renferme un groupe turbo-alternateur de 5000 kilowatts, trois groupes à pistons de 3200 kilowatts et un groupe à pistons de 1770 kilowatts.

» Ces machines sont desservies par une installation centrale de condensation.

» Le tableau de distribution est placé sur une plate-forme à 4 m de hauteur.

» L'arrière de ce tableau est établi suivant le dispositif cellulaire moderne, les différents circuits ou appareils étant toujours séparés les uns des autres par des cloisons en ciment.

» Le courant, sous forme triphasée à 5000 volts, est transmis aux sept sous-stations qui distribuent au réseau urbain le courant continu, et chacune de ces sous-stations contient des groupes moteurs-générateurs synchrones ou asynchrones et une puissante batterie d'accumulateurs (7800 AH dans deux sous-stations, 3000 AH et 2000 AH dans les autres).

» Le retour de cette intéressante excursion a été quelque peu troublé par la grève des chemins de fer, mais chacun rentra cependant à Paris sans trop de difficultés.

» C'est avec une bien grande satisfaction que j'ai recueilli l'expression du vif intérêt que nos collègues ont trouvé à ce voyage. Il nous a été particulièrement agréable de nous y rencontrer avec plusieurs de nos collègues de province qui, ne pouvant assister régulièrement à nos séances, profitent avec empressement de telles occasions pour prendre une part active à la vie de la Société.

» Certains de ces collègues sont venus de fort loin pour se joindre à nous; ils méritent nos vifs remerciements.

» Nous avons tout lieu d'espérer que ce mouvement si intéressant pour notre Société s'accroîtra encore dans les réunions analogues que notre Bureau est grandement encouragé à organiser, en raison du succès du voyage dont je viens de vous rendre compte. »

PRODUCTION ET UTILISATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE AUX MINES DE LENS.

M. BESSON. — « La production de l'énergie électrique est intimement liée à la récupération de l'énergie contenue dans le gaz des fours à coke et la vapeur d'échappement des machines installées dans les fosses.

» Les machines productrices d'énergie électrique sont de deux sortes : machines à vapeur et moteurs à gaz. Les premières se divisent en moteurs à piston et turbines à vapeur qui utilisent soit la vapeur produite par des chaudières chauffées par les gaz brûlés des fours à coke, soit la vapeur d'échappement des machines primaires. Les seconds utilisent directement les gaz en excès à la sortie des fours à coke.

» L'énergie électrique ainsi produite est utilisée notamment pour la commande des ventilateurs d'aération, puis pour la commande de diverses installations mécaniques, pompes d'exhaure, installations de triage du charbon, ateliers, etc., et enfin pour l'éclairage. En outre, les deux nouvelles fosses de la Société, n^{os} 15 et 16, seront pourvues de machines d'extraction à commande électrique.

» Une certaine partie de cette énergie est vendue à la Compagnie électrique du Nord pour le transport à grande distance. A cet effet, un poste d'élévation de tension est en installation à l'usine de Vendin-le-Vieil, à proximité des principales stations de production des mines de Lens, et le courant triphasé, fourni à 5000 volts, y sera élevé à 15000 et 45000 volts.

» L'étude qui va suivre est divisée en quatre parties :

- » I. Groupes électrogènes à vapeur à haute pression ;
- » II. Groupes électrogènes par moteurs à gaz ;
- » III. Groupes électrogènes à vapeur à basse pression ;
- » IV. Appareils d'utilisation.

» I. GROUPES ÉLECTROGÈNES À VAPEUR À HAUTE PRESSION. — Les groupes en question forment la partie la plus importante des installations actuelles. Ils sont répartis en quatre postes, dont trois aux usines chimiques du Rivage, situées sur le territoire de la commune de Vendin-le-Vieil, et un à la fosse n^o 3, commune de

Liévin. Les trois premiers postes utilisent la vapeur produite par des chaudières chauffées par les gaz brûlés des fours à coke du Rivage; toutefois l'une des stations comporte une chaufferie alimentée au charbon, en cas d'insuffisance de la vapeur produite par les gaz

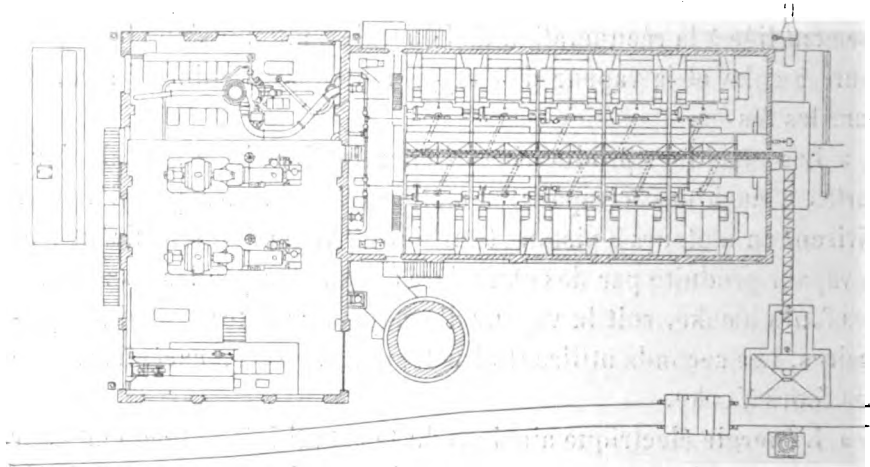


Fig. 1. — Station centrale à turbines à vapeur de Vendin-le-Vieil.

brûlés (flammes perdues). Le poste de la fosse n° 3, comprenant un seul groupe de faible importance, est alimenté par les chaudières de la fosse.

» Les trois postes du Rivage portent les noms de *Groupe* n° 1, 2 et 3.

» *Groupe n° 1.* — Le groupe n° 1 comprend deux unités, un ensemble commandé par un moteur à pistons et un turbo-alternateur.

» L'ensemble à pistons est constitué par une machine à vapeur à deux cylindres compound horizontaux actionnant un alternateur dont l'inducteur-volant est calé directement sur son arbre. Cet ensemble a été fourni par la Compagnie de Fives-Lille, et ses principales dimensions et conditions de fonctionnement sont résumées dans le Tableau suivant :

Puissance du moteur en chevaux indiqués.....	1200
Diamètre du petit cylindre.....	0,700 m
» grand cylindre.....	1,300 —
Course commune des pistons.....	1,400 —
Vitesse de rotation.....	74 t : m
Puissance apparente de l'alternateur avec $\cos \varphi = 0,8$	800 k. v. a.
Tension composée aux bornes de l'alternateur.....	5000 volts
Fréquence par seconde.....	50 ~

» L'excitation, séparée, est fournie par une excitatrice à vapeur capable de produire 150 ampères sous 120 volts à 360 t : m.

» Le condenseur est à mélange, avec pompe à air humide actionnée par la machine elle-même.

» La pression normale de marche est de 9 kg effectifs par centimètre carré.

» La machine décrite ci-dessus a été installée en 1902. Dans le même local, on a installé en 1910 un deuxième groupe formé d'un turbo-alternateur Brown-Boveri-Parsons, construit par la Compagnie Électromécanique du Bourget, fonctionnant avec de la vapeur à la pression effective de 10 kg par centimètre carré et muni d'un condenseur à mélange système Westinghouse-Leblanc :

» Les principales conditions de fonctionnement de ce groupe sont les suivantes :

Puissance apparente aux bornes.....	1250 k. v. a.
Puissance réelle.....	1000 kw
Tension composée aux bornes.....	5000 volts
Fréquence par seconde.....	50 ~
Vitesse de rotation.....	3600 t : m
Pression effective à l'admission.....	10 kg : cm ²
Contre-pression absolue à l'échappement au condenseur.....	0,1 kg
Consommation de vapeur garantie en kilogrammes par kilowatt-heure réel, $\cos \varphi = 1$ à pleine charge.....	9,3 —
Consommation à demi-charge.....	11 —

» L'excitation, séparée, est produite par un groupe convertisseur formé d'une génératrice à courant continu actionnée par un moteur triphasé asynchrone fonctionnant sous 200 volts.

» Le tableau, commun au groupe à pistons et au turbo-alternateur, a été fourni par les ateliers Thomson-Houston.

» *Groupe n° 2.* — La station appelée groupe n° 2 comprend trois unités fournies par la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques, de Belfort, et a été installée en 1902.

» Chaque unité est constituée par une machine à vapeur à deux cylindres compound horizontaux, du type Corliss, avec alternateur triphasé dont l'inducteur-volant est calé au milieu de l'arbre moteur.

» Les conditions principales d'installation et de fonctionnement de chacune de ces machines sont réunies dans le Tableau suivant :

Puissance normale en chevaux indiqués	1330
Puissance normale en chevaux effectifs, environ	1200
Diamètre du cylindre à haute pression	0,700 m
» basse »	1,280 —
Course commune des pistons	1,400 —
Nombre de tours	75 t : m
Puissance effective de l'alternateur avec $\cos \varphi = 0,8$	850 kw
Consommation de vapeur garantie à pleine charge en kilogrammes par kilowatt-heure avec une pression initiale de 10 kg à l'admission, la machine échappant au condenseur	10 kg

» Les condenseurs des moteurs à vapeur sont à mélange, avec pompe à air humide actionnée par la machine elle-même. L'installation est complétée par trois excitatrices indépendantes, dont deux à commande électrique et une à vapeur.

» *Groupe n° 3.* — Le groupe n° 3, que représente la figure 1, est la plus récente des installations productrices d'électricité des mines de Lens. Son montage a été achevé tout récemment. Il comprend trois turbo-alternateurs Brown-Boveri-Parsons, munis chacun d'un condenseur Westinghouse-Leblanc, et pouvant être alimentés soit par de la vapeur produite par les gaz brûlés des fours à coke, soit par la chaufferie à charbon, produisant de la vapeur surchauffée.

Conditions de fonctionnement de chaque ensemble.

Puissance apparente aux bornes de l'alternateur	2190 k. v. a.
Puissance effective avec $\cos \varphi = 0,8$	1750 kw
Tension composée, aux bornes de l'alternateur	5000 volts
Fréquence par seconde	50 ~
Vitesse de rotation	1500 t : m
Pression effective de vapeur à l'admission	10 kg : cm ²
Température de la vapeur à la valve d'admission	250"
Consommation garantie en kilogrammes par kilowatt-heure, l'eau étant fournie au condenseur à 25° à raison de 15 litres par kilogramme de vapeur à condenser :	
A pleine charge ($\cos \varphi = 1$)	8,1 kg
A trois-quarts de charge »	8,6 —
A demi-charge »	9,55 —
Courant d'excitation sous 110 volts pleine charge $\cos \varphi = 1$	150 ampères
» » $\cos \varphi = 0,8$	180 —

» La chaufferie accolée au bâtiment des turbines comprend dix générateurs Belleville, timbrés à 16 kg, à chacun desquels est adjoit un économiseur-réchauffeur d'eau d'alimentation et un sur-

chauffeur. Chaque générateur est capable de vaporiser 5000 kg d'eau à l'heure, que le surchauffeur porte à la température de 250°-275°.

» Les foyers sont de système « Underfeed Stoker » à chargement automatique; ils sont disposés pour brûler des fines à 20-25 pour 100 de matières volatiles et 10-12 pour 100 de cendres.

» L'alimentation des foyers est faite par un ensemble d'organes, élévateurs et vis d'Archimède, le tout à commande électrique.

» *Fosse n° 3.* — La petite installation de la fosse n° 3 clôt la série des groupes électrogènes à vapeur à haute pression. Dans cette fosse est installé un turbo-alternateur de 180 kw, système Brown-Boveri-Parsons, tournant à 3000 tours par minute, et fonctionnant sous la pression de vapeur de 5 kg à l'obturateur. L'échappement peut se faire soit à l'air libre, soit au condenseur central qui reçoit la vapeur de toutes les machines de la fosse.

» La consommation de vapeur garantie de cet ensemble est de 13,2 kg par kilowatt-heure à pleine charge, et de 16,3 kg à demi-charge, la contre-pression à l'échappement étant de 0,10 kg.

» *II. Groupes électrogènes par moteurs à gaz.* — L'un de ces groupes est installé aux usines dépendant de la fosse n° 8. Il comprend un moteur à gaz de 500 chevaux, construit par la Société Française de Constructions Mécaniques (Anciens Établissements Cail), actionnant un alternateur Westinghouse à 5000 volts, 50 périodes, calé directement sur son arbre.

» Le moteur utilise l'excédent de gaz disponible provenant des 140 fours à coke installés au siège n° 8. Il comporte deux cylindres en tandem, du cycle à quatre temps, à double effet, donnant une impulsion motrice par course.

» Les dimensions et conditions principales d'établissement de ce groupe sont :

Puissance aux bornes de l'alternateur.....	360 kilowatts
Puissance effective sur l'arbre.....	538 chevaux
Diamètre des cylindres.....	600 mm
Course des pistons.....	850 —
Nombre de tours par minute.....	136
Diamètre extérieur du volant.....	4,500 m
Poids du volant.....	10 tonnes

» La régulation du moteur est obtenue par l'admission en quantité variable avec la charge d'un mélange dont le dosage est approprié à la qualité moyenne de gaz.

» L'allumage est effectué par magnétos.

» Une circulation d'eau est prévue dans les enveloppes des cylindres, les enveloppes de boîtes à soupapes, les fonds des cylindres, les pistons avec leurs tiges et contre-tiges.

» La mise en route se fait à l'air comprimé : elle est facilitée par le dispositif de décompression dont sont munies les soupapes d'échappement.

» La consommation garantie de gaz à 4000 cal par cheval effectif et par heure est de :

A pleine charge.....	0,625 m ³
A trois quarts de charge.....	0,720 —
A demi-charge.....	0,837 —

» A pleine charge, la consommation d'eau de refroidissement prise à 15° est de 35 litres par cheval effectif pour les cylindres et les boîtes, et de 13 litres pour les pistons et leurs tiges.

» Les autres groupes par moteurs à gaz sont installés aux usines du Rivage, situées, comme la fosse n° 8, sur le territoire de la commune de Vendin-le-Vieil.

» La figure 2 représente la station avec moteurs à gaz, qui est

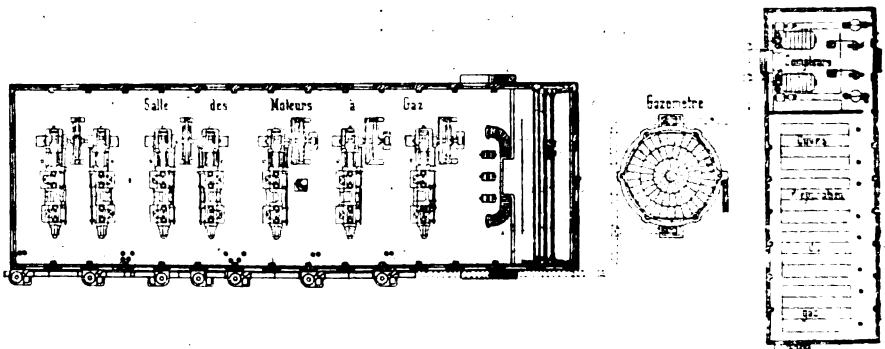


Fig. 2. — Station centrale d'électricité avec moteurs à gaz.

prévue pour recevoir trois groupes de 800 kilowatts et deux groupes de 1600 kw.

» A l'heure actuelle, les trois premiers groupes sont seuls installés. Cette station est alimentée par les gaz disponibles pro-

venant d'une batterie de 140 fours à coke à régénération, système Koppers. La puissance calorifique de ce gaz est de 3500 cal à 400 cal.

» Les moteurs à gaz, d'une puissance de 1200 chevaux chacun, sont construits par la Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg. Ils sont en tandem, à double effet et quatre temps. Leurs dimensions sont les suivantes :

Diamètre des cylindres	0.870 m
Course commune des pistons.....	1,100 —
Nombre de tours par minute.....	107

» Ils sont munis d'un dispositif de mise en marche à l'air comprimé, d'un dispositif d'allumage électrique et d'une pompe à eau pour le refroidissement des pistons et tiges de piston.

» Sur l'arbre sont calés un volant de 25 tonnes et un alternateur triphasé Westinghouse de 940 k. v. a. à 5000 volts, 50 périodes.

» Les consommations, garanties en calories inférieures par cheval-heure indiqué, sont les suivantes :

Pleine charge.....	2000 calories
Demi-charge	2600 —
Quart de charge.....	3300 —

» Le rendement des moteurs, c'est-à-dire le rapport entre le travail indiqué dans les cylindres et le travail effectif sur l'arbre, est de 0,83.

» La consommation d'eau de refroidissement, prise à 15°, est de 30 litres par cheval-heure effectif.

» La consommation d'huile par 24 heures et par machine est d'environ :

25 kg	pour les cylindres
17 —	pour les organes en mouvement

» Pour une variation de charge de ± 25 pour 100, la variation de vitesse est de 3 à 4,5 pour 100 en plus ou en moins (la machine marchant seule). Un dispositif manœuvrable du tableau permet de faire varier la vitesse de ± 5 pour 100 pour faciliter le couplage.

» L'excitation des alternateurs est assurée par des groupes convertisseurs avec moteurs asynchrones triphasés 200 volts accouplés directement à des génératrices à courant continu.

» Le tableau de distribution a été fourni par la Société Westinghouse ; l'infrastructure, les cloisons, les planches en sont en ciment armé, système Hennebique.

» III. GROUPES ÉLECTROGÈNES A VAPEUR A BASSE PRESSION. — Les groupes électrogènes utilisant l'échappement des diverses machines à vapeur installées dans les fosses, sont actuellement au nombre de quatre, installées aux fosses 5, 8, 13 et 11, cette dernière installation n'est pas encore achevée.

» La turbine de la fosse n° 5 est à basse pression seulement ; les autres sont des turbines mixtes, à haute et basse pression.

» Chaque installation de ce genre comprend :

» 1° Un ensemble de tuyauteries avec vannes permettant de diriger l'échappement des machines primaires, soit à l'air libre, soit directement au condenseur, soit à la turbine, au travers d'un accumulateur régénérateur de vapeur ;

» 2° Un accumulateur-régénérateur de vapeur, système Rateau ;

» 3° Un groupe turbo-alternateur formé d'une turbine à vapeur actionnant directement un alternateur triphasé à 5000 volts 50 périodes ;

» 4° Un condenseur Westinghouse-Leblanc ;

» 5° Un réfrigérant pour l'eau de condensation (sauf à la fosse n° 5).

» *Accumulateurs.* — Les accumulateurs Rateau varient comme dimensions, suivant l'importance des installations, mais ne varient pas comme forme. La figure 3 représente l'accumulateur installé à la fosse n° 5. Cet appareil est constitué par un cylindre en forte tôle, recouvert d'un enduit calorifuge et divisé en deux étages par un plancher intermédiaire. Chaque étage est rempli d'eau aux deux tiers environ, et dans cette eau sont placés des tubes percés de trous à leur partie inférieure, en communication avec la tuyauterie d'échappement des machines primaires. La vapeur est donc obligée de traverser l'eau qu'elle chauffe. Lorsque la vapeur arrive en trop grande abondance, la pression monte dans l'accumulateur, une partie de la vapeur se condense et l'excédent s'échappe par la soupape de sûreté surmontée du tuyau vertical visible dans la figure. Lorsqu'au contraire la vapeur n'arrive plus en quantité suffisante, l'eau se

revaporise, et le flux discontinu de vapeur arrivant des machines primaires se trouve transformé en un flux continu allant à la turbine.

» Les accumulateurs installés aux mines de Lens sont dimensionnés de telle sorte que les variations de pression dans l'accu-

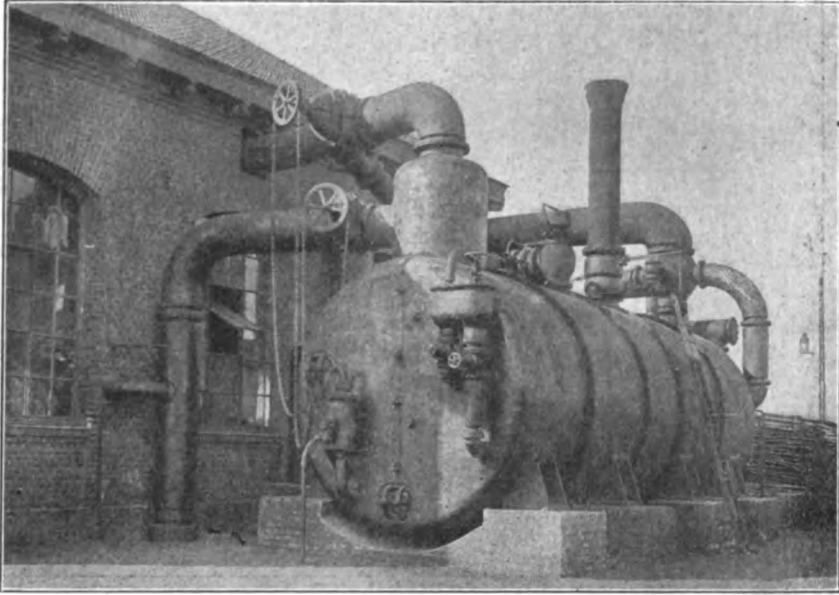


Fig. 3. — Accumulateur-générateur de vapeur, système Batou.

mulateur n'excèdent pas 150 g par centimètre pour une durée moyenne des arrêts de la machine d'extraction de 50 secondes.

» En conséquence, les installations sont conduites de telle sorte que la pression dans l'accumulateur varie entre 50 g au-dessous de la pression atmosphérique et 100 g au-dessus.

» A la fosse n° 5, lorsque, par suite d'un trop long arrêt des machines primaires, la vapeur d'échappement vient à manquer, un détendeur installé à cet effet envoie dans la tuyauterie reliant l'accumulateur à la turbine, de la vapeur vive prise directement aux chaudières. Dans les trois autres fosses, la vapeur vive est conduite à la turbine où elle est utilisée par des roues spéciales.

» *Condenseurs.* — Les condenseurs installés auprès des groupes turbo-alternateurs à basse pression sont du type Westinghouse-Leblanc, à mélange. La figure 4 représente l'ensemble du condenseur de la fosse n° 5. Cet appareil est constitué par une chambre

de condensation, à la partie supérieure de laquelle arrive l'échappement de la turbine; puis, au-dessous, l'eau d'injection.

» Les produits gazeux de la condensation sont aspirés par la pompe à air hydraulique Maurice Leblanc.

» Les produits liquides sont aspirés au bas de la chambre de

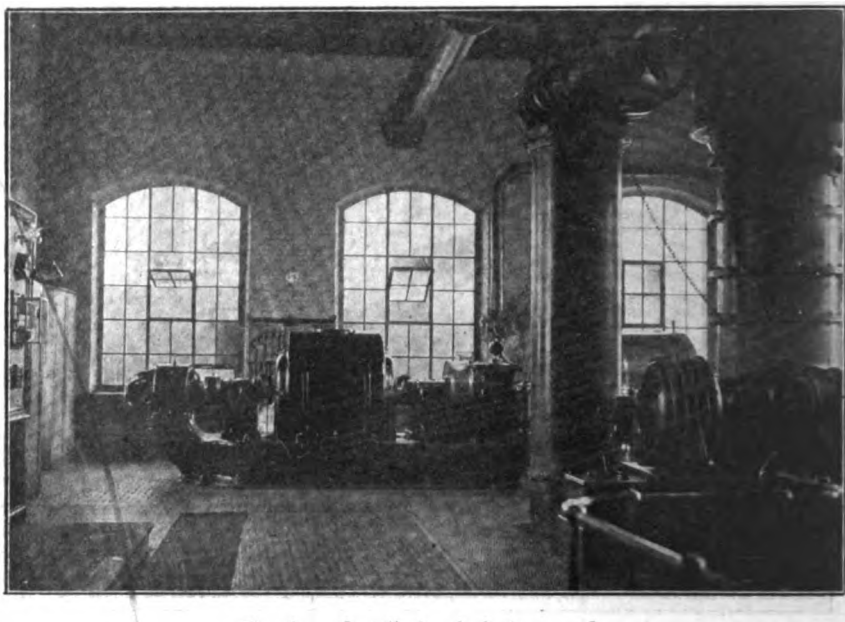


Fig. 4. — Installation de la fosse n° 5.

condensation par une pompe centrifuge qui les évacue soit directement dans un canal (fosse n° 5), soit au réfrigérant (fosses n° 8, 11 et 13).

» Des essais faits récemment sur un semblable condenseur, celui installé à la fosse n° 13, ont donné les résultats suivants :

Puissance au tableau produite par le turbo-alternateur.	550 kw
Puissance absorbée par les pompes du condenseur...	59,05 —
Pression absolue au condenseur en millimètres de Hg..	70
Pression atmosphérique en millimètres.....	767
Température de l'eau à l'entrée du condenseur.....	27°
— à la sortie —	39°
Tension de vapeur à l'intérieur du condenseur en millimètres de Hg.....	52
Hauteur totale de refoulement de la pompe d'extraction.	13,3 m
Rapport du vide obtenu au vide absolu.....	90,9 pour 100
— au vide théorique	97,48 —
Eau consommée par heure pour la condensation.....	438 m³ environ
Quantité de vapeur condensée par heure.....	9075 kg

» *Fosse n° 5.* — Le turbo-alternateur installé à la fosse n° 5 a été construit par MM. Sautter, Harlé et C^o, de Paris ; il est constitué par une turbine à vapeur à basse pression, actionnant directement un alternateur triphasé avec excitatrice en bout d'arbre.

» Les conditions principales de fonctionnement de ce groupe sont les suivantes :

Puissance apparente de l'alternateur avec $\cos \varphi = 0,8$	550 k. v. a
— effective —	440 kw
Vitesse du groupe.....	1500 t. m
Tension entre fils aux bornes de l'alternateur.....	5000 volts
Fréquence par seconde.....	50 ~
Chute de tension garantie pour une variation de charge de 150 kw.....	9 pour 100
Écart de vitesse garanti en plus ou en moins.....	2,5 —

» L'écart de vitesse garanti était trop faible pour que le groupe puisse fonctionner dans de bonnes conditions, étant couplé avec les autres groupes électrogènes des Mines de Lens. Aussi la sensibilité du régulateur a-t-elle dû être diminuée par la suppression du compensateur Denis dont ce régulateur était muni. Après cette opération, l'écart de vitesse a été trouvé de 4,5 pour 100 environ.

» La consommation de vapeur à pleine charge, garantie par le constructeur, était de 20 kg par kilowatt-heure à pleine charge, avec une pression absolue de 1 kg à 1,1 kg à l'admission. En réalité, les essais effectués après montage ont indiqué une consommation inférieure à ce chiffre. Puis, comme les indications données par le manomètre installé après l'obturateur de la turbine prouvaient que cette machine était calculée trop largement pour la puissance à produire, on a pratiqué l'obturation du quart des directrices placées devant les roues mobiles. Cette opération a eu pour effet de faire remonter la pression entre l'obturateur et la première roue mobile, et la consommation de vapeur à pleine charge est actuellement de 17 kg environ par kilowatt-heure, avec une pression absolue de 1,1 kg à l'admission et de 0,1 kg à l'échappement.

» Sur la figure 4, on voit nettement l'ensemble du turbo-alternateur avec son condenseur.

» *Fosse n° 8.* — Le turbo-alternateur installé à la fosse n° 8 a été construit par les Ateliers Thomson-Houston, à Lesquin (Nord) ; il

est constitué par une turbine à vapeur mixte, haute et basse pression, à axe vertical, système Curtiss, actionnant directement un alternateur triphasé, avec excitatrice séparée.

» Ce groupe est représenté par la figure 5, et ses conditions principales de fonctionnement sont les suivantes :

Puissance effective aux bornes de l'alternateur.....	1000 kw
Vitesse du groupe.....	1500 t : m
Tension entre fils aux bornes de l'alternateur.....	5000 volts
Fréquence par seconde.....	50 ~
Intensité du courant d'excitation avec $\cos \varphi = 0,8$	150 ampères
— $\cos \varphi = 1$	120 —
Pression absolue de la vapeur à l'obturateur HP.....	6 kg
— BP.....	1,1 —
Contre-pression absolue à l'échappement.....	0,10 —
Consommation garantie par kilowatt aux bornes de l'alternateur à pleine charge :	
1 ^{re} En fonctionnant avec le corps à haute pression seul..	10,8 kg
2 ^{re} — à basse pression seul..	16,25 —
Consommation garantie à demi-charge :	
1 ^{re} En fonctionnant avec le corps à haute pression seul..	12 kg
2 ^{re} — à basse pression seul..	20,50 —
Chute de tension pour une variation de charge de 150 kilowatts.....	9 pour 100
Écart de vitesse entre la marche en charge et la marche à vide.....	4 —

» La machine doit fonctionner normalement au moyen de la vapeur d'échappement venant des dix machines primaires de la fosse, savoir :

2	machines d'extraction,
2	machines actionnant des compresseurs d'air,
2	— des pompes à eau,
2	— des ventilateurs,
1	— le lavoir,
1	— le triage.

» Toutefois, la vapeur d'échappement pouvant devenir insuffisante pour la charge à obtenir, il est prévu une adduction de vapeur vive directe dans la turbine.

» A cet effet, la turbine comporte trois roues Curtiss munies chacune de deux couronnes d'ailettes.

» La roue supérieure est destinée à recevoir la vapeur à haute

pression, qui passe ensuite dans les deux roues inférieures avant de se rendre au condenseur. Sur la gauche de la figure, on voit les deux obturateurs superposés admettant l'un la vapeur à haute pression dans la roue supérieure, et l'autre la vapeur à basse pres-

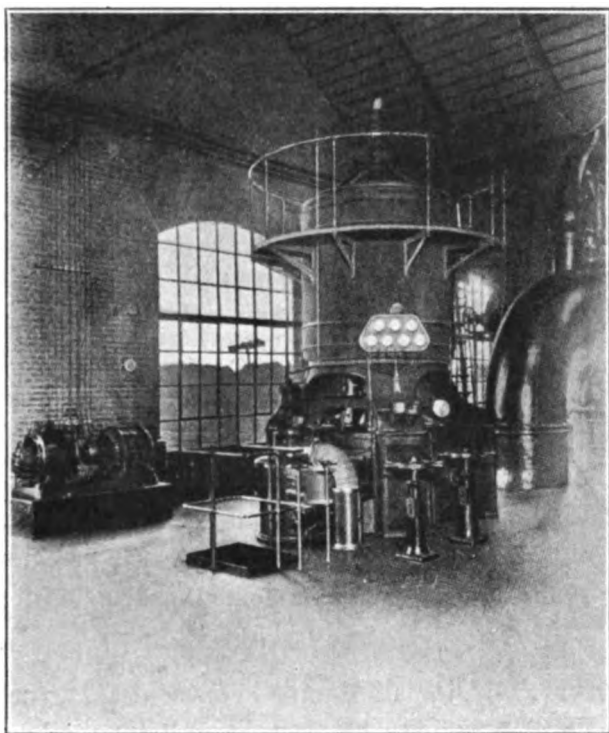


Fig. 5. — Turbo-alternateur Curtiss-Thomson-Houston de la fosse n° 8.

sion dans la roue médiane d'où elle passe dans la roue inférieure et de là au condenseur.

» Des obturateurs de sûreté à papillon sont montés dans les tuyaux d'arrivée de vapeur HP et BP, et sont destinés à couper automatiquement les arrivées de vapeur en cas d'emballement de la turbine.

» *Fosse n° 13.* — Le turbo-alternateur installé à la fosse n° 13 a été fourni par la Société d'exploitation des Appareils Rateau, de Paris. Il comprend une turbine à vapeur mixte, haute et basse pression, construite par MM. de la Brosse et Fouché, de Nantes, et un alternateur système Brown-Boveri, construit par les Ateliers de Fives-Lille. L'alternateur porte son excitatrice en bout d'arbre.

» Les conditions principales de fonctionnement de cette machine sont les suivantes :

Puissance effective aux bornes de l'alternateur.....	550 kw
Tension entre fils.....	5000 volts
Fréquence par seconde.....	50 ~
Tension du courant d'excitation.....	110 volts
Intensité du courant d'excitation avec $\cos \varphi = 0,8$	75 ampères
— avec $\cos \varphi = 1$	55 —
Pression absolue de la vapeur en $\text{kg} : \text{cm}^2$ à l'obturateur à haute pression.....	7,5
Pression absolue à l'obturateur à basse pression.....	1,1
Contre-pression absolue à l'échappement.....	0,1
Consommation garantie en kilogrammes de vapeur par kilowatt aux bornes de l'alternateur à pleine charge :	
1° En fonctionnant avec le corps à haute pression seul.....	10,5 kg
2° — à basse pression seul.....	18 —

» La turbine comporte 9 roues dont 4 à haute pression seulement et 5 recevant soit directement la vapeur à basse pression, soit la vapeur détendue provenant des roues à haute pression.

» Le régulateur agit de telle façon que l'obturateur à haute pression s'ouvre seulement lorsque celui à basse pression se ferme pour insuffisance de vapeur d'échappement provenant des machines primaires.

» *Fosse n° 11.* — L'installation de la fosse n° 11, actuellement en montage, comprendra un turbo-alternateur Rateau, à haute et basse pression, de 630 kilowatts.

« IV. APPAREILS D'UTILISATION. — Le courant produit par les diverses sources d'énergie électrique est recueilli dans un réseau souterrain qui parcourt toute la concession, et dont la longueur actuelle est de 90,600 km. Ce réseau part du tableau de distribution principal installé dans l'usine de transformation du Rivage où aboutissent directement les câbles partant des usines de production de ce siège.

» Les stations génératrices autres que celles du Rivage sont branchées directement sur le réseau et chaque siège comporte un tableau spécial desservant les appareils de production et ceux d'utilisation.

» La plus importante des stations d'utilisation est celle du Rivage,

qui absorbe près de 3900 kw, répartis en divers postes. Ensuite vient le siège n° 15-15 *bis*, actuellement en installation, qui est prévu pour une utilisation immédiate de 1300 kw et qui comprendra finalement :

- » Deux machines d'extraction à commande électrique;
- » Deux ventilateurs à commande électrique;
- » Deux compresseurs d'air à commande électrique.
- » Ce siège est représenté par la figure 6.

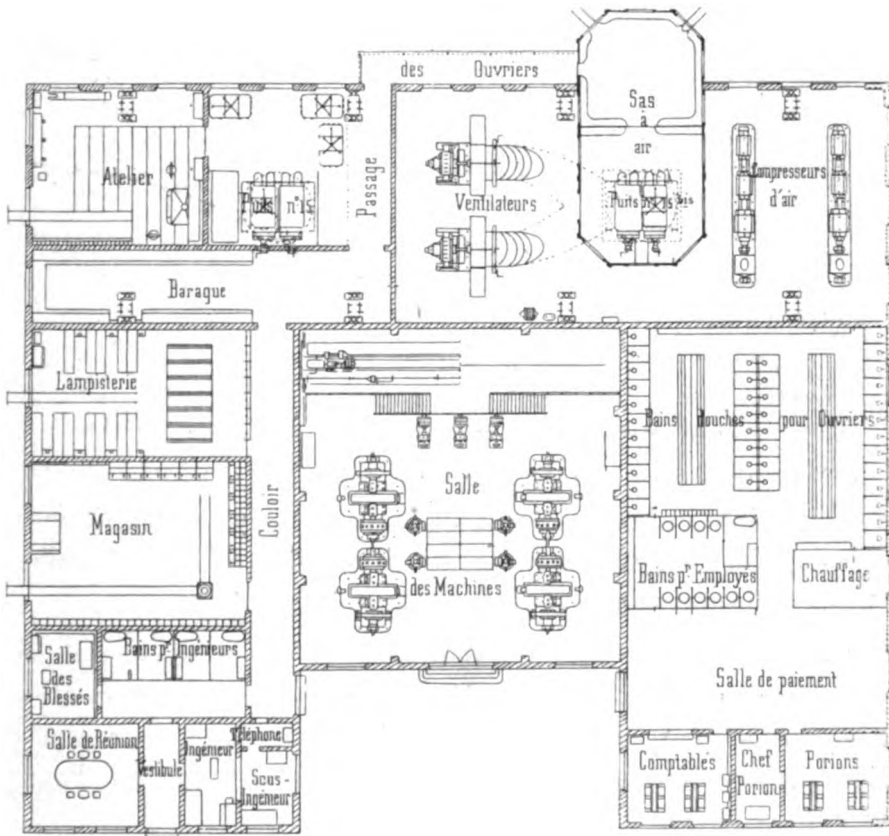


Fig. 6. -- Siège n° 15-15 *bis*.

» Les machines d'extraction, construites par les Ateliers Thomson-Houston, comprennent chacune une poulie Kœpe actionnée par moteurs électriques à courant continu montés sur le même arbre. La machine du puits n° 15 comprendra deux moteurs; celle du puits n° 15 *bis*, un seul moteur.

» Le courant continu est fourni à ces moteurs par des groupes

convertisseurs à volant constitués chacun par un moteur asynchrone triphasé actionnant une dynamo génératrice. Sur l'arbre de chaque groupe est calé un volant de 18 tonnes dont la vitesse tangentielle peut atteindre jusqu'à 80 m à la seconde.

» Les principales caractéristiques des machines d'extraction et de leurs groupes moteurs-générateurs sont les suivantes :

Machine d'extraction du puits n° 13.

Profondeur d'extraction.....	700 m
Durée d'une ascension.....	60 s
Durée des manœuvres.....	40 —
Vitesse maxima des cages.....	16 m : s
Diamètre de la poulie Kœpe.....	7 m
Charge maxima d'une cage, tare comprise.....	5400 kg
Vitesse de rotation de la poulie Kœpe maximum.....	44 t : m
Puissance nominale absorbée par chaque moteur.....	434 kw
Tension du courant continu.....	300 volts

Groupes moteurs-générateurs.

Puissance constante du moteur à courant triphasé.....	270 kw
Tension du courant triphasé entre fils.....	4750 volts
Fréquence en périodes par seconde.....	50
Vitesse de rotation de l'ensemble.....	412 t : m
Tension du courant continu aux bornes de la génératrice.....	300 volts
Puissance de la génératrice.....	434 kw

» Il est rappelé que la différence de puissance entre les 434 kw de la génératrice à courant continu qui travaille par intermittence et les 270 kw du moteur à courant triphasé qui travaille continuellement est absorbée et restituée par le volant de 18 tonnes.

» *Ventilateurs.* — Les deux ventilateurs à commande électrique sont fournis par MM. Monnet et Moyne de Paris. Les moteurs électriques sont construits par la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques à Belfort, et les ventilateurs eux-mêmes par MM. Fournier et fils à Génélard.

» Les principales conditions de fonctionnement de ces appareils sont les suivantes :

Tension du courant triphasé aux bornes des moteurs.....	5000 volts
Fréquence par seconde.....	50 ~
Vitesse à vide.....	300 t : m
— en charge, environ.....	292 —
(Cette vitesse pourra être réduite jusqu'à 250 tours par minute à l'aide d'un groupe de réglage de vitesse.)	
Puissance sur l'arbre du moteur.....	225 chevaux

» Chacun des ventilateurs est prévu pour des débits variant de 46 à 104 m³ par seconde, les orifices équivalents variant de 1,50 à 4,50 m et les dépressions en millimètres d'eau variant de 135 à 77 mm.

» D'autres ventilateurs à commande électrique, de puissance analogue, sont déjà en fonctionnement aux fosses n^{os} 5 bis, 9 bis,

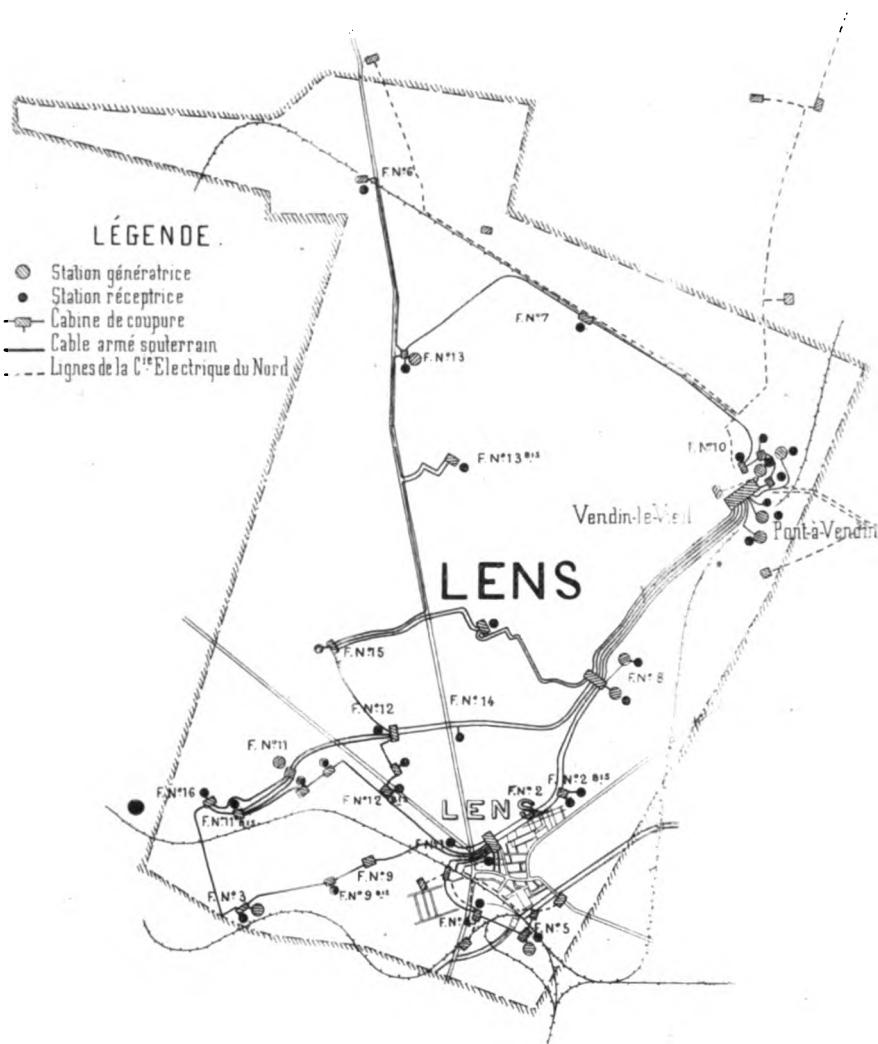


Fig. 7. — Schéma des canalisations électriques principales.

11 bis, 12 bis, 13 bis. L'électricité sert également à actionner les triages et lavoirs de diverses fosses, les ateliers, les pompes d'exhaure.

» La description détaillée de ces installations nous entraînerait trop loin.

» La figure 7 donne le plan général des canalisations principales constituant le réseau à haute tension. Sur ce plan les canalisations souterraines propres à la Société des Mines de Lens sont en traits noirs pleins. Les traits pointillés indiquent les canalisations aériennes appartenant à la Compagnie électrique du Nord.

» La puissance génératrice totale actuellement installée aux Mines de Lens atteint 18220 kw, et la puissance réceptrice 11520 kw. »

L'INONDATION DE JANVIER 1910 ET LE MATÉRIEL ÉLECTRIQUE.

M. GUERY. — « Messieurs, au mois de janvier dernier, un cataclysme sans précédent a frappé la région parisienne.

» La crue tout à fait exceptionnelle de la Seine a présenté en effet ce caractère nouveau que, pour la première fois, tous les organismes créés par le mouvement de progrès industriel du dernier siècle et développés en proportion de l'importance d'une ville comme Paris, se sont trouvés profondément atteints à leur centre même.

» Pour les électriciens, l'événement parut prendre d'abord des proportions considérables. Car ils considèrent l'eau comme le plus grand ennemi de leurs installations, et leur première impression devant l'inondation fut celle d'un désastre irréparable. Fort heureusement, les conséquences de la crue furent beaucoup moins graves, car on eut bientôt la satisfaction de constater qu'un simple séchage pouvait suffire, dans bien des cas, à remettre en état une grande partie du matériel immergé.

» D'autre part, tout ce qui était exposé n'avait pas été atteint, car les usines génératrices en particulier s'étaient organisées, plusieurs d'entre elles avec succès, pour résister à l'invasion de l'eau par tous les moyens en leur pouvoir.

» Il a paru intéressant, aux première et deuxième sections de votre Comité, de recueillir le plus possible de documents sur les moyens employés soit pour défendre les stations centrales contre l'invasion des eaux, soit pour sécher le matériel immergé, et d'extraire de ces documents un rapport d'ensemble sur la question.

» C'est ce rapport que je suis chargé de vous présenter ce soir.

» Sa rédaction a été grandement facilitée par ce fait que j'ai disposé de notes particulièrement documentées, dont je suis heureux de remercier les auteurs.

» IMPORTANCE DES DÉGATS CAUSÉS PAR L'INONDATION. — Je citerai d'abord quelques chiffres qui vous donneront un aperçu de l'importance du désastre pour quelques administrations :

» *Au chemin de fer d'Orléans*, sans parler de tout le matériel, locomotives à vapeur, voitures et wagons, chaufferies d'usines entièrement ou en partie submergées, et pour nous en tenir aux appareils électriques seuls, les eaux avaient atteint : plus de 60 moteurs de traction faisant partie de l'équipement de locomotives et d'automotrices électriques, ainsi que du matériel de rechange ; environ 200 voitures munies de l'équipement d'éclairage électrique Stone ; 20 voitures environ, munies de l'équipement d'éclairage électrique par le courant de traction ; des fourgons, munis de l'équipement d'éclairage électrique collectif ; environ 200 éléments d'accumulateurs de batterie tampon de 1100 ampères-heure ; une vingtaine de transformateurs, à peu près autant de moteurs d'atelier ; enfin un grand nombre de petits appareils.

» *Aux chemins de fer de l'État*, les unités de traction eurent beaucoup moins à souffrir ; mais pour le matériel électrique fixe, les dégâts furent du même ordre.

» Le matériel atteint comprenait :

» Une quinzaine de transformateurs, 12 moteurs asynchrones, 11 génératrices et moteurs à courant continu, 4 commutatrices, une vingtaine de moteurs d'atelier et d'appareils de manutention, 120 éléments d'accumulateurs de 400 AH ; 320 éléments d'accumulateurs de 100 AH ; 12 moteurs de traction et 18 bobines de moteurs de traction, enfin un grand nombre de petits appareils.

» A la suite de ces chiffres qui ne donnent qu'un aperçu très lointain des difficultés de la restauration d'installations aussi éprouvées, il est intéressant d'indiquer la durée approximative de l'arrêt de service.

» Au chemin de fer d'Orléans, la remise en état de la totalité du matériel a demandé environ 10 semaines, mais la réparation du matériel d'usine et de traction ayant été poussée avec une activité spéciale, c'est le 4 mars, c'est-à-dire un mois seulement après l'évacuation par les eaux de la gare d'Austerlitz, que le service a pu être repris.

» Aux chemins de fer de l'État, le déversement de la Seine dans la tranchée de la ligne des Invalides, jusque-là maintenue à sec par les pompes électriques installées dès la construction de la ligne,

s'est produit dans la nuit du 25 au 26 janvier ; les eaux ont été évacuées complètement le 20 février et l'ensemble des services électriques, éclairage, force, épuisements, traction, était repris en totalité le 8 mars.

» A côté des chiffres relatifs à des installations de traction électrique, nous pouvons citer ceux qui se rapportent à un des secteurs d'éclairage les plus éprouvés.

» *Au Secteur de la Rive gauche*, les eaux ont atteint : 13 alternateurs, 3 dynamos à courant continu, un millier de transformateurs, 1500 boîtes de jonction ou de branchement, 30 boîtes de coupure.

» Les dégâts sur le réseau ont été d'autant plus graves que bien des installations ont été inondées avant que l'usine ait cessé de fonctionner et sans qu'on ait pu les sectionner au préalable. Il en est résulté de nombreux courts-circuits dans les transformateurs et dans les boîtes d'entrée de postes. Il s'est formé ainsi de véritables rhéostats liquides à 3000 volts entre pôles, qui sont restés dans certains cas sous courant pendant 4 et 5 heures consécutives. Il y avait alors dégagement de vapeur et de fumées âcres et épaisses, en même temps que se produisaient des étincelles nourries et bruyantes.

» *A l'imprimerie Paul Dupont* ont été immergées une centaine de machines motrices et réceptrices, qui ont pu être remises en service en 11 jours.

» Les exemples pourraient être multipliés ; si nous nous en tenons seulement au matériel machines et transformateurs, les documents qui ont été communiqués à la Société portent au total sur environ 1600 unités qui ont pu être remises en service sans réfection des bobinages par les procédés dont nous allons maintenant parler.

» **PROCEDES DE SECHAGE ET DE REMISE EN ETAT. — Lavage.** — D'une manière générale, tout le monde est d'accord sur la nécessité d'un lavage préalable, à grande eau, du matériel inondé ; cette nécessité ne fait d'ailleurs aucun doute quand ce matériel est retiré de l'eau couvert de boue et d'huile, comme cela s'est produit très fréquemment. Il a été reconnu que les enroulements insuffisamment lavés ou

lavés trop longtemps après leur sortie de l'eau se détérioraient rapidement et devenaient irréparables.

» Dans le cas particulier où les appareils ou bobinages ont été détériorés par l'acide de batteries d'accumulateurs, les pièces en cuivre se sont présentées couvertes de sulfate.

» Pour éviter que les ouvriers manipulent des substances dangereuses et hâter le nettoyage, la Compagnie du chemin de fer d'Orléans a employé le procédé suivant :

» Les appareils ont été plongés dans un bain d'acide sulfurique étendu à 32° environ, en préservant autant que possible les parties de l'enroulement non attaquées. Les appareils, lavés ensuite à grande eau furent passés dans un bain très léger de potasse, puis relavés à grande eau.

» Pour les enroulements couverts d'huile, le Secteur de la Rive gauche a complété le lavage à l'eau par un lavage à l'essence.

» *Séchage et remise en état.* — La plus grande variété se rencontre dans les procédés de séchage employés. Cette variété pourrait résulter de ce que les différentes catégories de matériel exigent des traitements différents ; mais pour une même catégorie les procédés furent également nombreux, et chacun d'eux, consciencieusement appliqué, donna très généralement des résultats satisfaisants. Toutefois, il y a des points sur lesquels toutes les méthodes se rencontrent. Nous les ferons ressortir au fur et à mesure de la description. Une première remarque générale est que les isolants les plus variés peuvent retrouver leurs qualités après séchage, mais que les cartons, fibres, presspahns, bois minces sont toujours rendus inutilisables par la déformation irréparable qu'ils subissent.

» On peut également signaler qu'en général les enroulements doivent être débarrassés, avant le traitement, de leurs entoilages, à moins que ceux-ci ne soient tout à fait neufs et exécutés avec un tel soin qu'ils aient empêché complètement la pénétration de l'eau.

» On peut dire enfin que tout appareil doit être mis dans un état de division suffisant pour laisser l'évaporation se faire jusqu'aux parties les plus profondes. Certaines machines aux enroulements bien dégagés peuvent être séchées d'un bloc sans aucun démontage ;

d'autres exigent au contraire une séparation complète des organes, collecteur, enroulements, etc.

» En principe, les machines à 110 volts de puissance moyenne peuvent, en général, être séchées sans démontage; pour les machines de faible puissance, pour les moteurs de traction, dans lesquels le collecteur ne ferme pas complètement l'induit, il est nécessaire de démonter le collecteur.

» Pour les transformateurs l'enlèvement de l'entoilage des bobines est toujours indispensable.

» Les procédés de séchage peuvent être divisés d'abord en deux catégories, suivant qu'ils s'appliquent à des machines ou appareils de gros volume ne pouvant être déplacés ou à des machines ou appareils facilement déplaçables.

» **MACHINES ET APPAREILS NON DEPLAÇABLES. — Séchage électrique.** — Le procédé le plus séduisant quand il est applicable est le séchage électrique par circulation de courant dans les enroulements. Malheureusement il n'est pas toujours possible de disposer du courant nécessaire à une tension appropriée et sous une forme convenable. Aussi, la Compagnie d'Orléans fait-elle remarquer par exemple que le séchage électrique, qu'elle n'a appliqué d'ailleurs qu'à un petit nombre de machines et transformateurs, lui a demandé beaucoup plus de temps que l'étuvage.

» Les différents procédés de séchage électrique sont bien connus; car ils sont fréquemment employés à la mise en route d'installations.

» Pour les transformateurs, on peut par exemple mettre les enroulements basse tension en court-circuit et alimenter les enroulements à haute tension à différence de potentiel réduite.

» Le même procédé est applicable aux moteurs d'induction.

» Pour les alternateurs, le procédé le plus simple consiste à les faire tourner en court-circuit avec excitation faible.

» Pour les machines à courant continu et les inducteurs d'alternateurs, la difficulté est plus grande; la possibilité d'emploi de courant continu à tension très basse, par rapport à celle employée dans les machines à sécher, s'impose.

» Les survolteurs sont des appareils très pratiques dans ce cas;

car ils remplissent à la fois toutes les conditions favorables : tension relativement basse et variable dans de larges limites, intensité de l'ordre de grandeur de celle des grosses machines de l'installation.

» Pour le séchage des induits, il est indispensable de faire tourner ceux-ci, si l'on veut éviter les déformations de collecteur. Le procédé qu'on peut employer pour les commutatrices est le suivant : donner à la machine son aimantation normale, en alimentant chaque bobine d'inducteur séparément à tension basse. Alimenter l'induit à tension basse, de manière à faire tourner la machine en moteur à vitesse lente et obtenir un débit suffisant pour le séchage en fermant les bagues sur des circuits à résistance faible que l'on constitue très simplement avec du fil de fer.

» Le séchage électrique a été pratiqué par les Chemins de fer d'Orléans et de l'État comme moyen unique pour leurs machines fixes ; par la plupart des administrations comme moyen complémentaire pour achever l'opération commencée par d'autres procédés.

» *Essorage et chauffage.* — Quand le séchage électrique ne peut être employé, et il peut être prudent d'ailleurs de ne pas le mettre en œuvre immédiatement après l'immersion, il ne reste plus qu'à s'inspirer des circonstances locales pour opérer le séchage par l'air chaud. Nous ne pouvons mieux faire, pour donner un exemple, que de citer presque textuellement la Note très claire et très précise de notre collègue M. Chevrier sur la remise en état des alternateurs du Secteur de la Rive gauche : cette Note contient le principe des divers procédés qu'on peut essayer quand on se trouve en présence de grosses machines à sécher sur place.

Nombre des appareils immergés de chaque espèce et conditions de régime.

Types.....	(A).	(B).	(C).	(D).
Nombres.....	5	5	2	1
Nature des isolants :				
Induits	coton et micranite.			
Inducteurs.	coton et carton (fil isolé)	amiante (ruban nu sur champ)	carton (ruban) nu sur champ)	amiante
Durée de l'immersion..	Environ chaque demi-induit et demi-inducteur pendant 5 jours.			
État des machines après l'immersion..	Couvertes de boue et d'huile.			
Valeurs des isolements à la masse	Uniformément zéro, tant pour les induits que pour les inducteurs.			

» *Précautions prises pour la mise en service.* — Les machines ont été d'abord lavées à grande eau pour enlever les boues, puis à l'essence pour les débarrasser de l'huile. On a tenté ensuite d'essorer les inducteurs des machines (A) et (B) en les faisant tourner à leur vitesse normale. « toutes précautions ayant été prises pour éviter la » production d'un courant dans le circuit ». Dès ce premier essai, une différence s'est manifestée entre les inducteurs du type (B), rubans sur champ et amiante, et ceux du type (A), fil isolé au coton et carcasses en carton. Les premiers ont acquis, après 24 heures de rotation à froid, un isolement à la masse appréciable; l'isolement est demeuré nul pour les inducteurs du type (A) et un nouvel essai de marche en vitesse avec chauffage en dessous par braseros à l'air libre a également échoué.

» Pour chaque machine du type (A), une étuve a été réalisée en utilisant, pour les tuyaux du calorifère, le sous-sol de la machine; le foyer était installé sous la voûte donnant accès entre ce sous-sol et la galerie longitudinale disposée parallèlement à la ligne des cinq machines. Chaque fosse formait ainsi une chambre close, la partie supérieure, comprenant l'ensemble des bobines avariées, ayant été cloisonnée par des planches. Le chauffage était fait avec du coke, sans aucun contact des gaz de la combustion avec les parties à sécher, ces gaz étant évacués dans la salle des machines par des cheminées verticales.

» La température moyenne était, dans les étuves ainsi constituées, de 70° à 80°; les inducteurs ont été déplacés chacun deux fois, afin d'amener dans la région la plus chaude toutes les bobines qui avaient été mouillées.

« Après 5 jours de chauffage dans ces conditions, les isolements étaient complètement rétablis, tant sur les induits que sur les inducteurs, ces derniers ayant été plus longs à donner ce » résultat. »

» Cet isolement dépassant plusieurs mégohms, on fit alors tourner les machines en court-circuit sous leur régime normal de débit pendant 20 heures, puis, avec 20 pour 100 en plus, pendant 4 heures. Après un essai sous tension à vide, les machines ont été remises en service sur le réseau et aucun accident ne s'est produit soit au début, soit depuis (après 2 mois de marche).

» Les étuves ont été installées ensuite sous les cinq alternateurs (B) dans des conditions strictement identiques aux précédentes, les machines et leurs bâtis étant les mêmes comme dispositions d'ensemble. Les résultats ont été différents : les induits se sont comportés comme dans le cas précédent, mais un chauffage beaucoup plus prolongé des inducteurs n'a apporté « aucune amélioration appréciable dans leur état d'isolement à la masse ».

» Chaque pôle d'inducteur, bobinage et masse polaire, a été alors démonté. « Après immersion de 12 heures dans l'alcool », suivie de séchage à l'air, les pôles ont été portés dans une étuve spéciale, installée dans l'usine même, et l'isolement a été rétabli au bout d'un temps variable suivant les pôles, mais qui n'a, pour aucun, excédé 5 jours.

» Les alternateurs ont ensuite fonctionné, comme les précédents, en court-circuit, puis en tension, et ont été remis en marche sur le réseau sans aucun incident.

» Pour les alternateurs (C), même échec pour le séchage des inducteurs sur place, même réussite pour l'induit. Les inducteurs ont été traités exactement comme les précédents et les résultats ont été les mêmes, après un temps un peu plus long. Ces machines sont également en fonction.

» Pour ce qui concerne l'alternateur (D), le séchage sur place, sans aucun démontage, a permis de restituer aux deux circuits leur isolement primitif, comme pour les alternateurs (A) et (B), mais après une durée beaucoup plus longue de séchage (environ 1 mois).

» Signalons également un procédé préconisé par M. Bourdin, chef électricien de la maison Paul Dupont, et consistant à joindre à l'action du séchage électrique celle d'un courant d'air produit par de puissantes lampes à souder, du type suédois, et projeté à distance sur les machines entretenues en rotation. Ce procédé, employé également au Secteur de la Rive gauche, a donné, paraît-il, des résultats très rapides. Il n'est évidemment pas applicable à de grosses machines, mais il peut permettre le séchage sur place de dynamos de dimensions moyennes.

» *Appareils déplaçables.* -- Pour les appareils déplaçables, le

choix peut se porter sur deux moyens de séchage, qui ont chacun leurs partisans : l'étuvage simple et l'étuvage dans le vide.

» *Étuvage simple.* — Les conditions d'application du premier ont été indiquées, d'une façon très claire, par notre collègue M. Parodi, ingénieur du Service électrique des Chemins de fer d'Orléans.

» En plus des trois étuves chauffées au gaz, d'environ 4,50 m² de superficie que possède cette Compagnie, il a fallu en improviser deux autres, l'une en briques à l'usine d'Ivry, l'autre en aménageant, à Tours, un local inoccupé. Le tirage nécessaire au renouvellement de l'air permettant d'assurer l'entraînement de l'humidité était assuré pour la première par un aspirateur ; la seconde était mise en communication avec une cheminée d'usine. Le chauffage était produit par de la vapeur à 8 kg environ.

» La température était maintenue dans ces étuves entre 110° et 125° et n'a jamais dépassé 130°. M. Parodi fait observer que, même pour des isolements au coton, cette température n'est pas excessive, le coton employé ne commençant à jaunir qu'à 150°.

» Ces étuves ont été employées pour des induits de moteurs de traction dont l'isolement, nul au début, montait assez rapidement à 60000 ohms, puis lentement pendant 24 à 36 heures de 60000 à 200000 ohms ; ensuite il atteignait en une dizaine d'heures 1,5 et même 2 mégohms.

» Elles ont servi également au séchage des bobines inductrices de ces mêmes moteurs et d'appareils fixes, transformateurs, moteurs, etc.

» Pour les équipements d'éclairage électrique des voitures, le Chemin de fer d'Orléans a employé une grande étuve où la température ne dépassait pas 65° à 70°. La durée du séchage était d'une centaine d'heures pour les induits, 150 heures pour les inducteurs.

» *Étuvage dans le vide.* — L'étuvage dans le vide a été à peu près exclusivement employé par les Chemins de fer de l'État.

» La température de l'étuve de l'atelier du Champ-de-Mars est toujours maintenue au-dessus de 75° et le vide poussé aussi loin que possible, c'est-à-dire à quelques millimètres de mercure.

» Pour donner un exemple de la durée du traitement dans cette étuve, nous signalerons que des génératrices à courant continu de

60 kilowatts à 120 volts ont atteint en 12 à 16 heures un isolement de leurs différentes parties de plus d'un mégohm.

» Il en a été de même de moteurs de pompes qui ont ainsi pu être remis en service en moins de 24 heures à partir du moment où le poste d'épuisement où ils se trouvaient avait été abandonné par les eaux.

» La même étuve a également servi, grâce à l'obligeance de M. Mazen, au séchage de moteurs et génératrices noyés dans les travaux du chemin de fer Nord-Sud.

» Les résultats excellents obtenus dans ce cas sont d'autant plus remarquables qu'il s'agissait de machines de chantiers déjà éprouvées par un service brutal, dont beaucoup avaient séjourné dans la vase pendant plusieurs mois et dont le traitement ne commençait quelquefois que plusieurs jours après leur sortie de l'eau. M. Mazen fait seulement remarquer que ce retard dans le début du traitement augmente proportionnellement la durée de celui-ci.

» L'étuvage par le vide permet de se rendre compte de la quantité d'eau qu'arrive à absorber une machine, puisque cette eau est intégralement recueillie dans l'opération. C'est ainsi que d'une machine de 60 kilowatts l'étuve du Champ-de-Mars extrayait environ la valeur d'un seau d'eau.

» *Comparaison des deux procédés d'étuvage.* — Ayant décrit les divers procédés, nous pouvons revenir plus utilement sur ce que nous avons dit au début au sujet de leur efficacité relative. Nous extrairons d'abord des documents reçus certaines remarques d'un intérêt assez piquant :

» Les Chemins de fer d'Orléans ayant donné des induits à traiter à des sociétés de construction, ceux-ci ont été placés dans des étuves à vide chauffées à 65°. Au bout de 36 heures l'isolement était nul. Il n'est remonté que lorsque la température eut été poussée au-dessus de 100°, sur la demande de la Compagnie.

» Les Chemins de fer de l'État avaient donné à sécher au dehors de petits moteurs d'une dizaine de kilowatts. Ces moteurs, traités dans une étuve à air chaud, durent être rebobinés entièrement, leurs isolants ayant été cuits.

» Les Chemins de fer de l'État ont essuyé également des échecs

complets avec des procédés de séchage sur place qui ont donné par ailleurs d'excellents résultats.

» En résumé, tous les procédés que nous avons passé en revue ont donné, d'après des sources très autorisées, des résultats excellents et, d'après des sources non moins autorisées, des échecs complets.

» Nous sommes donc conduits à nous demander si, dans les cas d'échec cités, le vide a été poussé assez loin, ou si la température n'a pas été excessive, ou si les appareils ont été portés à un état de division suffisant ?

» En réalité, il faut reconnaître que le séchage d'appareils électriques aussi complètement imbibés que ceux dont il est question n'est pas une opération courante et demande une expérience préalable ; de là des tâtonnements et des erreurs qui ont pu faire paraître mauvaises à certains des méthodes qui ont réussi à d'autres.

» Quant aux indications qui ont pu être retirées des expériences faites sur la manière de conduire l'étuvage, elles sont conformes, quand on les examine de près, à ce qu'on peut déduire du raisonnement basé sur la connaissance des lois physiques de la vaporisation.

» Quel que soit le procédé employé, la température est toujours telle que la tension de vapeur produite dépasse notablement la pression ambiante. Dans ces conditions, la vitesse d'évaporation ne doit dépendre à peu de choses près que de l'écart entre ces deux pressions.

» La tension de la vapeur d'eau à 65° est de 187 mm ; à 90° elle est de 525 mm, ce qui explique le peu d'efficacité relative du séchage dans le vide au-dessous de 65°.

» Si le raisonnement ci-dessus est exact, le séchage dans l'air à 115° environ donnerait le même résultat que le séchage dans le vide à 90°.

» Le séchage dans l'air à 106° ne serait pas plus efficace que le séchage dans le vide à 65°.

» C'est à peu près ce qui résulte des expériences du chemin de fer d'Orléans, si l'on enlève aux conclusions de M. Parodi le caractère un peu absolu qu'elles paraissent présenter.

» M. Parodi conclut en effet que l'étuvage prolongé dans une

étuve à vide, de gros appareils complètement mouillés, est inefficace si la température ne dépasse pas 65°.

» Nous pensons interpréter correctement la pensée de M. Parodi en disant que le mot *inefficace* signifie *pratiquement trop long*.

» Avec cette retouche, les conclusions de M. Parodi ne sont plus en désaccord avec celles de M. Mazen qui déduit de ses nombreuses expériences que l'étuvage par le vide sous température moyenne de 75° à 90°, donne d'excellents résultats, tant au point de vue de la rapidité qu'à celui de la perfection du séchage.

» Au sujet du séchage par étuve à air chaud, M. Parodi conclut que l'étuvage à 110° et même 120° n'est pas dangereux, même pour le matériel électrique ne comportant que des isolants ordinaires : coton, toile huilée. De telle sorte que si l'on n'a pas la bonne fortune de posséder une étuve à vide, on peut néanmoins se tirer très bien d'affaire.

» De la plupart des expériences faites il paraît en outre résulter que le procédé de séchage par étuvage est plus pratique que tout autre, quand il s'agit d'appareils facilement transportables.

» Notons toutefois cette opinion du Service des égouts de la Ville de Paris, qu'il serait intéressant, après l'étuvage, de faire passer dans les fils un courant de faible intensité au moyen d'une source indépendante, pour assurer une siccité plus complète.

» *Résultats du séchage.* — Ainsi que nous l'avons dit plus haut, la proportion d'insuccès pour les machines a été minime ; la durée de l'immersion paraît être sans influence, même quand il s'agit d'eau acidulée à 10° ou même 15°, à la condition toutefois que le traitement soit commencé sitôt après la sortie de l'eau.

» Après un séjour à l'air libre de 15 jours à 3 semaines au maximum, la réfection des bobinages s'impose.

» Les résultats négatifs ont été sensiblement plus nombreux pour les transformateurs.

» Ce résultat peut tenir à la constitution même de ceux-ci. Pour de fortes épaisseurs de bobinage, le séchage complet présente de grandes difficultés et il est impossible de se rendre compte de l'état de siccité des enroulements. Les mesures ne peuvent, en effet, donner aucune indication sur les isollements intérieurs des bobines.

L'appareil une fois remonté peut ainsi présenter des courts-circuits entre spires provoquant une mise hors service rapide.

» D'autre part, certains transformateurs de secteur sont restés noyés sous tension. Ils sont donc arrivés au séchage déjà détériorés. Dans un grand nombre de transformateurs remontés après séchage, on a constaté une notable augmentation des pertes à vide. Ceci peut tenir à des courts-circuits intérieurs, qui se manifestent d'ailleurs en outre par une augmentation du rapport de transformation, ou, comme le fait observer M. Brunswick, à une destruction de l'isolant entre tôles, produisant une augmentation de courants de Foucault dans le fer.

» CANALISATIONS. — *Conducteurs nus.* — Il y a peu de choses à dire des canalisations en conducteurs nus, lorsque les supports sont en porcelaine ou en verre, un simple nettoyage de ceux-ci étant en général suffisant. Il était intéressant de savoir comment se comporteraient des supports en bois paraffiné. C'est ce qu'a pu nous dire M. Mazen, le troisième rail de la ligne des Invalides à Versailles étant ainsi équipé. Les supports ont été nettoyés et grattés pour enlever le limon qui les recouvrait. Puis la tension normale de 600 volts ayant été rétablie sur le rail, les supports ont été surveillés de très près pendant les débuts. Il a été seulement nécessaire d'en remplacer 5 pour 100 environ.

» Les rails conducteurs pour chemin de fer ont une section suffisante pour que l'oxydation soit sans influence sensible sur eux. Mais il n'en est pas de même pour des conducteurs en fer de petite dimension. C'est ainsi que le Service des égouts a dû gratter et remplacer en partie des canalisations en rails de fer pour trolleys.

» *Conducteurs isolés sous caoutchouc.* — Les conducteurs isolés sous caoutchouc, quand ils sont neufs et que leur enveloppe extérieure est bien enduite à saturation, peuvent supporter une immersion prolongée. Il n'en est pas de même quand ces conducteurs ont quelques années de service. Dans ce cas, leur remplacement s'impose, surtout quand il s'agit de tensions de quelques centaines de volts. C'est ainsi que le Service des égouts a dû remplacer une canalisation sous caoutchouc et plomb à 440 volts, ayant seulement 4 ans de service, l'eau ayant pénétré par des fissures du plomb.

» Au contraire, la même administration a pu remettre en fonctionnement, après passage de courant à tension réduite, ou lavage et séchage prudent au chalumeau, d'autres canalisations de même nature à 110 volts seulement, installées depuis plus de 10 ans. Ces diverses canalisations avaient été immergées pendant une période de 10 à 20 jours. Le Service des égouts attribue le succès du séchage aux dispositions de l'installation; les conducteurs étant placés sur taquets en porcelaine, les extrémités des gaines de plomb aux arrivées aux appareils étant lutées avec une matière isolante plastique et entoilées. Des câbles avec gaines de plomb, placés dans des moulures en bois paraffiné, se comportèrent moins bien et durent être en partie remplacés.

» Le Service des égouts signale, en outre, comme avantageux pour les canalisations exposées à une immersion prolongée, l'emploi de boulons et vis de laiton pour la fixation des supports, de préférence à des pièces de fer, dont l'oxydation intense rend difficile le démontage et détériore l'enveloppe des câbles.

» *Conducteurs sous tubes métalliques isolés intérieurement.* — Pour les conducteurs sous tubes métalliques isolés intérieurement, l'immersion est désastreuse. Un démontage complet s'impose ainsi que le remplacement de l'isolement intérieur des tubes qui, étant constitué par du carton, se déformerait complètement au séchage.

» *Câbles sous papier imprégné, sous plomb et armés.* — Cette catégorie de câbles est particulièrement intéressante, puisqu'elle comprend à peu près tous les câbles à haute tension. Elle a, en général, très bien supporté une immersion qui, dans certains cas, a duré près d'un mois. Il y a eu peu de pénétration d'eau par des fissures des plombs, même lorsque ceux-ci sont en une seule épaisseur. Lorsque les boîtes de jonction sont en très bon état, l'eau qui s'infiltré par les fissures capillaires de la matière de remplissage ne peut pénétrer jusqu'à la partie des câbles isolée au papier, même lorsque la charge est de plusieurs mètres.

» Dans bien des cas où les mesures d'isolement manifestaient une pénétration d'eau, il a suffi de la réfection des boîtes mauvaises pour rétablir le câble dans son état normal et éviter les claquages ultérieurs.

» En général, l'eau s'infiltre entre l'âme en cuivre et sa couverture isolante, parfois jusqu'à 8 m ou 10 m du point de pénétration. Aussi, lorsque les boîtes d'extrémité sont couvertes, leur réfection s'impose très généralement, et quelquefois le remplacement de plusieurs mètres de câble. Ce fait s'est présenté en de nombreux points au Secteur de la Rive gauche.

» Dans les régions où les câbles sont particulièrement exposés à être noyés sous plusieurs mètres d'eau, il est prudent d'employer des boîtes de jonction spéciales, avec chemise de plomb complètement étanche.

» C'est ce que le Chemin de fer Nord-Sud a fait pour les canalisations qui relient ses sous-stations à l'usine de Vitry de la Compagnie générale de distribution d'énergie électrique. Ces câbles traversent, tout près de l'usine, un bas-fond qui était recouvert de près de 6 m d'eau lors de la crue de janvier 1910.

» *Appareillage.* — Parmi les différentes pièces d'appareillage, il faut distinguer celles qui ne comportent que des pièces de manœuvre et de contact d'une part, et d'autre part les bobines.

» Il y a un cas où les premières ont, en général, gravement souffert : c'est lorsqu'il y a eu électrolyse, par suite du maintien du courant après l'immersion. Ce fait s'est, d'ailleurs, produit assez fréquemment pour des circuits à 110 volts ou pour des appareils de signaux alimentés par des piles.

» Hors ce cas spécial, l'appareillage s'est bien comporté.

» Il existe même des appareils avec supports en porcelaine et pièces métalliques étamées, nickelées ou argentées, faits pour les lieux humides, qui supportent l'immersion sans avoir besoin d'autre chose que d'un simple nettoyage.

» Pour les petites bobines, au contraire, on peut dire d'une manière générale que leur remplacement total s'impose, sauf pour celles en fil émaillé, ou pour celles en fil sous coton noyé dans la paraffine.

» *Accumulateurs.* — Les accumulateurs ont supporté l'immersion d'une façon tout à fait remarquable, M. Mazen cite le cas extraordinaire d'une batterie qui, après 7 à 8 heures d'immersion

sous 3 m d'eau, a pu donner une décharge de 10 heures ; il n'y a pas eu dilution sensible de l'acide des batteries immergées. Dans les diverses installations sur lesquelles nous avons eu des documents, aucune détérioration des bacs en bois doublé de plomb, ni des plaques, n'a été constatée après le nettoyage effectué pour certaines batteries sans démontage. Les éléments ont pu reprendre leur service après remplacement de l'électrolyte et charge à fond, sans que la réduction de capacité qu'a dû causer l'immersion dans une eau impure se soit manifestée d'une façon sensible.

» Au chemin de fer d'Orléans, les batteries de traction à 600 volts avaient été sectionnées avant l'arrivée de l'eau, de manière que chaque groupe ne fournisse pas plus de 50 volts. Malgré cette précaution, on a relevé des traces de coups de feu.

» *Défense des usines contre l'invasion des eaux.* — La conclusion de ce qui précède est celle que nous avons annoncée, c'est-à-dire qu'en général le matériel électrique a relativement peu souffert de l'inondation. Il n'en demeure pas moins que l'arrêt des services électriques cause aujourd'hui, dans une ville comme Paris, une perturbation importante dans la vie publique. Aussi nous semble-t-il intéressant de rapprocher, des efforts faits pour sauver le matériel inondé, ceux plus intéressants peut-être encore qu'ont dû déployer les ingénieurs des usines génératrices d'électricité pour maintenir celles-ci en fonctionnement dans des conditions parfois presque invraisemblables. Ce n'est pas devant vous, Messieurs, que je m'aviserais de chercher une réponse à une question un peu naïve posée par certaines personnes à ce sujet : « Pourquoi met-on des » usines d'électricité au bord de l'eau ? »

» L'étonnement de ces personnes n'est pas toutefois uniquement fondé sur leur ignorance. Le fait que certaines usines sont parvenues à se défendre contre l'invasion de l'eau dans leurs parties vitales, montre qu'on peut faire en sorte que le voisinage d'un fleuve indispensable ne puisse pas un jour devenir désastreux. C'est à ce point de vue que l'exemple de l'usine des Moulineaux est particulièrement intéressant à citer ; car cette usine a bien été construite de manière à pouvoir résister à l'inondation, et si elle a subi un arrêt de quelques heures, cela tient à une cause accidentelle qui

n'atteint en rien le principe, puisque la fourniture de courant a pu être reprise au maximum même de la crue.

» Les deux figures ci-après dues, ainsi que les renseignements qui suivent, à l'obligeance de notre collègue M. Tainturier, permettront de se rendre compte de la situation de l'usine des Moulins par rapport à l'inondation. L'une représente la coupe de l'usine avec les niveaux des différentes parties. L'autre indique la marche de la crue, au droit de l'usine et en même temps en différents points du cours du fleuve. La salle des machines est établie sur un radier en béton armé qui, s'il est complètement étanche, doit protéger le sous-sol contre une crue pouvant atteindre la cote 32,60 environ, alors que celle de janvier 1910 n'est montée qu'à 32,05.

» En revanche la chaufferie, dont le sol est seulement à la cote 31,23, se trouvait exposée directement et par l'intermédiaire des carnaux de fumée et de mâchefers, dont les parois n'étaient pas non plus à l'abri des infiltrations. Les différents points bas de l'usine communiquent avec un puisard creusé dans la cour d'entrée et relié lui-même à la Seine. Ce puisard fut d'abord isolé de la conduite le reliant au fleuve par un tampon de bois contrebuté sur la paroi opposée: on y monta ensuite les tuyauterie d'aspiration des pompes d'épuisement. Celles-ci furent empruntées au matériel de l'usine même. L'alimentation d'eau se fait en effet au moyen d'un poste composé de quatre pompes centrifuges électriques de 350 mm de diamètre d'orifice pouvant débiter chacune 900 m³ à l'heure. Une seule pompe pouvant suffire à assurer le service, on en transporta d'abord une, puis deux, qui furent montées de manière à aspirer dans le puisard. Ces pompes, ainsi que d'autres plus faibles installées à l'autre extrémité de l'usine, furent alimentées par le courant continu à 120 volts des excitatrices. Celles-ci formant groupes indépendants pouvant être mis à échappement libre ne subirent aucun arrêt.

» Les épuisements commencèrent le 22 janvier; ils atteignirent leur maximum d'activité pendant la période comprise entre le 25 janvier et le 3 février, où le débit total fut d'environ 2000 m³ à 2200 m³ à l'heure. On put ainsi maintenir à sec le sol de la chaufferie. On aurait même pu dégager complètement les carnaux de fumée. Toutefois, par crainte des poussées sur les murs de ceux-ci

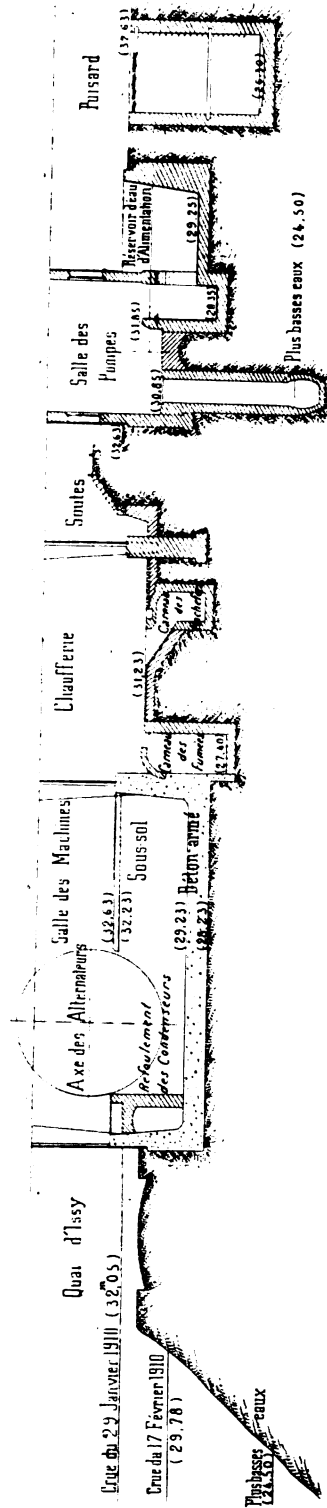
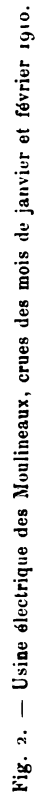


Fig. 1. — Usine électrique des Moulineaux, coupe longitudinale.



on se contenta de laisser libre seulement la section nécessaire au tirage. On put également sauver les moteurs des deux pompes restées dans la salle en les levant sur cales au moyen d'un palan, le premier à l'avance, le second à partir du moment où l'eau se déversant directement dans le réservoir, il n'y avait plus besoin de pompes d'alimentation. Avant ce moment on avait pris la précaution d'isoler par des joints pleins les conduites de refoulement des condenseurs de six des machines placés en sous-sol ; les trois autres machines ayant leurs condenseurs en arrière des cylindres purent assurer leur service dans des conditions normales jusqu'au jour où se produisit l'incident qui faillit tout compromettre et que nous allons relater :

» Le 29 au matin, jour du maximum de la crue, une ancienne ouverture, pratiquée dans le radier pour laisser passer des câbles et insuffisamment bouchée, donna soudain accès à un afflux d'eau considérable. En hâte, les bobines inférieures des alternateurs furent démontées et transportées en lieu sûr. A 7 h du matin, il fallut arrêter la machine en service, dont le volant baignait dans l'eau. La journée se passa à aveugler la voie d'eau, à épuiser le fond du radier et à remettre en marche une machine. Les enroulements avaient été entièrement épargnés ; seules les boîtes de connexion avaient été noyées. A 9 h 30 m du soir le service était repris ; de telle sorte qu'il n'y eut à la gare Saint-Lazare aucune interruption de lumière ; c'était à peu près le seul service que l'usine eût encore à assurer, les autres étant paralysés par la crue.

» Le radier général de la salle des machines avait donc bien joué son rôle de protection puisque la courte interruption du service était due à une brèche dans ce radier et que l'usine put recommencer à fonctionner quelques heures après que cette brèche eut été réparée. Il faut d'ailleurs remarquer que le béton armé n'est pas du tout indispensable. Toute maçonnerie assez lourde ou assez chargée pour résister aux sous-pressions et soigneusement enduite de ciment remplira le même office, comme on a pu s'en rendre compte dans d'autres usines.

» Le rôle de l'enduit de ciment est capital, comme on sait. A l'usine des Moulineaux les venues d'eau se manifestaient principalement aux angles vifs où existaient des fissures dans cet enduit.

» Je terminerai ce rapport par une remarque au sujet des épuisements en cas d'inondation. Celle de janvier 1910 a vu exhumer les exemplaires les plus extraordinaires de machines à vapeur attelées à toutes sortes de pompes. Mais tous ceux qui ont eu à effectuer des épuisements importants ont pu constater la supériorité du moteur électrique pour cette application. Il y a donc un intérêt majeur à assurer la continuité de la fourniture du courant en cas de forte crue, et nous devons une reconnaissance spéciale aux directeurs de stations centrales qui ont lutté avec succès contre l'invasion de leurs usines par les eaux.

» Messieurs, j'ai l'heureuse chance de vous avoir présenté un travail qui n'a de personnel que cette présentation même.

» Cette Communication vous apporte un écho des séances des première et quatrième sections de votre Comité, dont vous avez déjà, à maintes reprises, pu apprécier l'activité. Je souhaite vivement que cet écho ait paru fidèle aux nombreuses personnes qui ont répondu par leur concours dévoué à l'initiative des présidents de ces deux sections. »

M. le PRÉSIDENT. — « Nos collègues des première et quatrième sections méritent tous nos remerciements pour l'importante enquête que vient de rapporter, avec tant de clarté, notre distingué collègue, M. Guéry.

» Les méthodes employées au séchage peuvent donner des résultats très différents non seulement suivant la perfection de leur application, mais aussi suivant la nature de l'eau dans laquelle l'appareil s'est trouvé immergé. C'est ainsi qu'il est bien connu que les appareils électriques immergés à la mer ne peuvent généralement pas être remis en état par séchage en raison de la nature hygrométrique des sels qui se déposent. »

La séance est levée à 10 h 45 m du soir.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société, tous les jours
de 3 heures à 6 heures, excepté les dimanches et jours de fêtes,
12, rue de Staël.

France.

- Annuaire pour l'an 1911, publié par le Bureau des Longitudes.* Avec des Notices scientifiques. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 1 vol. in-32, cartonné toile. (*Don de l'éditeur.*)
- Enroulements (Les) industriels des machines à courant continu et à courants alternatifs, théorie et pratique,* par Eugène MAREC. Préface de M. Paul Janet. Paris, Gauthier-Villars, 1911; 1 vol. in-8, broché. (*Don de l'éditeur.*)
- Lignes électriques aériennes et souterraines. Étude et construction,* par Ph. GIRARDET et W. DUBI. Grenoble, Jules Rey. Paris, Gauthier-Villars, 1910; 2 vol. in-8, brochés. (*Bibliothèque de l'Élève Ingénieur.*) (*Don de M. Gauthier-Villars.*)
- Méthodes et appareils de mesure électriques et magnétiques,* par A. ILIOVICI. 1^{re} et 2^e parties. Paris, L. Geisler, 1910; 2 vol. in-8, brochés. (*Encyclopédie électrotechnique, 20^e et 21^e fascicules.*) (*Don de l'éditeur.*)
- Substances (Les) isolantes et les méthodes d'isolement utilisées dans l'industrie électrique,* par Jean ESCARD. Paris, Gauthier-Villars, 1911; 1 vol. in-8, broché. (*Don de l'éditeur.*)
- Toute la Chimie minérale par l'Électricité. Complément,* par Jules SEVERIN. Paris, Dunod et Pinat, 1910; 1 brochure in-8. (*Don des éditeurs.*)

Étranger.

- Sur le frottement intérieur de quelques métaux aux basses températures,* par C.-E. GUYE et H. SCHAPPER. (Université de Genève. Laboratoire de Physique. 2^e série, 11^e fascicule.) Genève, Société générale d'Imprimerie, 1910; 1 fascicule in-8. (*Don de M. C.-E. Guye.*)
-

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME X (2^e SÉRIE).

Bibliographie.

	Pages
Action électrique du Soleil (L'), par M. A. Nodon.....	655
Agenda Dunod 1910 : Électricité, par M. J. Montpellier.....	298
Albums de plans de pose, par H. de Graffigny.....	508
Analyse des métaux par l'électrolyse, par MM. A. Hollard et L. Bertiaux.....	207
Année électrique, électrothérapie et radiotélégraphique (L'), par M. le Dr Fo- veau de Courmelles.....	210
Calcul et construction des appareils de levage, treuils et ponts roulants, par M. S. Pacoret.....	63
Capacité et inductivité : définitions, calculs et mesures, par M. le Dr E. Orlich...	61
Compte rendu et résultats des études et travaux, au 31 décembre 1907, du Service d'études des grandes forces hydrauliques (région des Alpes).....	60
Compteurs électriques à courants continu et alternatif, par M. L. Barbillion (Les).	506
Couplage des dynamos et régulateurs compensés, par M. F. Bayle.....	301
Courant électrique (Le). Résistance. Lois d'Ohm et de Joule. Étude thermodyna- mique des piles. Théories des Ions, par M. Vigneron.....	608
Cours d'Électricité, par M. H. Pellat.....	121
Cours d'Électricité et de Magnétisme, par M. E. Piérard.....	654
Cours municipal d'Électricité industrielle, par M. L. Barbillion.....	302
Cours de Physique, par M. H. Bouasse.....	506
Cours pratique d'Électricité industrielle, à l'usage des élèves des écoles d'ensei- gnement technique, par M. H. Chevallier.....	210
Découvertes modernes en Physique (Les), par M. O. Manville.....	122
Distribution de l'Électricité. Installations isolées, par M. R.-V. Picou.....	655
Électricité à la campagne (L'), par M. R. Champly.....	654
Électricité considérée comme forme de l'énergie électrostatique (L'), par M. E. Ariès.....	121
Électricité dans les mines; applications diverses, extraction (L'), par M. E.-J. Brunswick.....	209
Électricité de haute tension et de haute fréquence (L'), par M. H. de Graffigny.	301
Électrostatique, par M. E. Vigneron.....	298
Électrotechnique appliquée. Machines électriques, par M. Mauduit.....	654
Électrotechnique exposée à l'aide des Mathématiques élémentaires, par MM. N.-A. Paquet, A.-C. Docquier et J.-A. Montpellier.....	608
Emploi des accumulateurs, par M. Loppé.....	298
Essais des machines électriques: mesures mécaniques, par M. Loppé.....	298
Étude complémentaire sur la stabilité du matériel des chemins de fer, par M. G. Marié.....	299

	Pages
Fabrication électrochimique de l'acide nitrique et des composés nitrés, à l'aide des éléments de l'air (La), par J. Escard.....	208
Formulaire de l'électricien et du mécanicien, par M. G. Roux.....	609
Installations électriques de force et de lumière, par M. Curchod.....	302
Isolants en Electrochimie (Les), par M. K. Wernicke.....	121
Leçons d'Électrotechnique générale professées à l'École supérieure d'Électricité, par M. Janet.....	122
Magnétisme et Électromagnétisme, par M. Vigneron.....	608
Maladies de Chaudières industrielles et de leurs accessoires, par P. Blancarnoux.....	609
Matières abrasives industrielles (Les), par M. J. Escard.....	208
Matière, l'Éther, l'Électricité (La), par M. H.-J. Proumen.....	301
Merveilles de la Science (Les), par M. Max de Nansouty.....	299
Monteur électricien (Le), par MM. Barni, Montpellier, Marec.....	207
Notes et formules de l'ingénieur et du constructeur-mécanicien, par MM. Vigreux et Milandre.....	298
Notions élémentaires du calcul différentiel et du calcul intégral, par M. J. Pauly.....	63
Notions fondamentales sur la télégraphie, par M. A. Turpain.....	300
Oscillations de lacet des véhicules de chemins de fer, par M. G. Marié.....	299
Oscillations électriques. Principes de la Télégraphie sans fil, par M. C. Tissot....	401
Pratique de l'installation électrique à courant fort dans l'habitation, par M. R. Berger.....	508
Précis de législation de l'électricité, par M. Laboureur.....	298
Premières notions de télégraphie et de téléphonie sans fil, par M. Bégébé.....	123
Production électrique de l'ozone et applications à l'industrie, l'hygiène, la thérapeutique, par M. E. Douzal.....	505
Radioactivité et la constitution de la matière, par MM. Battelli, Occhialini et Shella.....	656
Recherches sur la décharge des condensateurs, par M. Léauté.....	656
Recherches sur les propriétés thermomécaniques des corps solides, par M. L. Roy.....	504
Recherches sur l'ionisation produite par les rayons α , par M. Moulin.....	655
Soude électrolytique (La), par M. A. Brochet.....	505
Soudure autogène des métaux, par M. Ragno.....	299
Technique des courants intenses (La) : Livre de poche pour les électriciens, par MM. E. von Rziha et J. Seidener.....	62
Technique pratique des courants alternatifs, à l'usage des électriciens et des ingénieurs (La), par M. G. Sartori.....	63
Télégraphie sans fil et les ondes électriques (La), par MM. J. Boulanger et G. Ferrié.....	401
Télégraphie sans fil, la Télémécanique et la Téléphonie sans fil à la portée de tout le monde (La), par M. E. Monier.....	507
Téléphonie : Du téléphone Bell aux multiples automatiques, par M. A. Turpain..	300
Théorie des courants alternatifs (La), par M. A. Russel.....	60, 122
Théorie des moteurs thermiques, par M. E. Jouguet.....	121
Traité complet d'Analyse chimique appliquée aux essais industriels, par MM. J. Post et B. Neumann.....	209
Transformateurs : leur mode de fonctionnement, construction, essais et calculs (Les), par le D ^r G. Benischke.....	61

Vérité scientifique; sa poursuite (La), par M. E. Bouty.....	Pages 63
Wattmètres, par M. Armagnat.....	298

Communications diverses.

Allocution de M. Bochet.....	319
Allocution de M. Larnaude.....	285
Allocution de M. le Président.....	368
Assemblée générale annuelle du 6 avril 1910.....	213
Bibliographie..... 60, 121, 207, 298, 401, 504, 608.	654
Comité d'Administration (Rapport du).....	220
Comité d'Administration (Renouvellement partiel du)..... 133	284
Commission des Comptes : Rapport de l'exercice 1909, par M. Boistel, rapporteur.....	215
Correspondance..... 117.	288
Discours prononcé aux obsèques de M. Georges Berger.....	502
Discours prononcé aux obsèques de M. H. Fontaine.....	129
Discours prononcé aux obsèques de M. Pellat.....	5
Dons..... 67, 318.	677
École supérieure d'Electricité (Liste des élèves diplômés).....	610
Errata.....	609
Laboratoire central et l'École supérieure d'Electricité (Compte rendu sur le), par M. Janet.....	221
Membres décédés..... 11, 67, 131, 132, 215, 318, 368, 404,	612
Membres honoraires (Nomination de).....	231
Membres titulaires (Admission de)..... 10, 66, 132, 214, 318, 368, 403, 611,	677
Nécrologie..... 125.	305
Ouvrages offerts (Liste des)..... 64, 124, 211, 303, 365, 402, 509, 657,	750
Réunions ordinaires mensuelles du 5 janvier 1910.....	10
Id. du 2 février 1910.....	65
Id. du 2 mars 1910.....	131
Id. du 6 avril 1910.....	213
Id. du 4 mai 1910.....	318
Id. du 1 ^{er} juin 1910.....	367
Id. du 6 juillet 1910.....	403
Id. du 9 novembre 1910.....	611
Id. du 7 décembre 1910.....	677
Situation financière et bilan.....	236
Table alphabétique des auteurs.....	751
Table alphabétique des matières.....	755

Communications techniques.

Accidents causés par le courant électrique (Les), par M. d'Arsonval.....	355
Appareils à deux aiguilles (système Ferrié et Carpentier). Fréquence-mètres. Ohmmètres, par M. L. Joly.....	79

	Pages
Commutation (La), par M. Latour.....	265, 381
Compte rendu de l'excursion à Lens et à Bruxelles, par M. Bochet.....	701
Discussion de la Communication de MM. Dalémont et Herdt sur le compoundage des alternateurs, par M. Blondel.....	39
Emploi du circuit intermédiaire de Stone en Radiotélégraphie et en Radiotéléphonie (Sur l'), par M. Bethenod.....	135
Essais de câbles pour canalisations électriques effectués au Laboratoire central d'Électricité, par M. Ch. David.....	512
Essais des canalisations souterraines après pose, par M. Armagnat.....	613
Essais des canalisations souterraines après pose (Discussion), par M. Picou....	624
Étude du rayonnement des lampes à incandescence à filament métallique (Obser- vation), par M. H. Chrétien.....	117
Haute fréquence médicale et télégraphie sans fil, par M. d'Arsonval.....	241
Influence de la ventilation sur la température de régime des conducteurs nus ou isolés (De l'), par M. L. Roy.....	69
Inondation de janvier 1910 et le matériel électrique (L'), par M. Guéry.....	729
Installations électriques de Rio de Janeiro (Les), par M. Mongin.....	457
Loi de l'induction (Sur la), par M. de Baillehache.....	89
Loi de l'induction (Sur la). (Observation), par M. Liénard.....	288
Note au sujet des expériences faites par le Laboratoire central d'Électricité sur des câbles électriques, par M. G. Maugas.....	597
Nouveaux procédés de transmission employés en télégraphie sans fil (Sur les), par M. le Commandant Ferrié.....	13
Observation présentée à propos du procès-verbal de la Séance mensuelle du 4 mai 1910, par M. le Dr Bloch.....	399
Observations sur le cahier des charges de l'Union des Syndicats, relatif aux câbles sous plomb armés, pour tensions supérieures à 2000 volts, par M. Grosselin.....	629
Production et utilisation de l'énergie électrique aux Mines de Lens, par M. Besson.....	711
Projecteurs électriques militaires (Les). par M. Bochet.....	323
Quelques expériences sur les effets destructifs des décharges oscillantes de grande fréquence, par M. Courtois.....	371
Recherches effectuées au Laboratoire central d'Électricité sur l'équivalent élec- trochimique de l'argent, par MM. F. Laporte et de la Gorce.....	157
Recherches faites au Laboratoire central d'Électricité sur l'étalon de résistance et l'étalon de force électromotrice, par M. Jouaust.....	187
Règlements administratifs concernant les distributions d'énergie électrique et des travaux des 1 ^{re} et 4 ^e Sections du Comité (A propos des), par M. Brunswick.....	405
Règlements administratifs concernant les distributions d'énergie électrique et des travaux des 1 ^{re} et 4 ^e Sections du Comité (A propos des). Discussion : MM. Boucherot, Hillairet, Brunswick, Brylinski, Legouez.....	641, 678
Résultats de l'enquête sur les accidents dus aux surtensions et aux courts-circuits dans les usines et les réseaux (Premiers), par M. Legouez.....	485
Résultats obtenus au poste radiotélégraphique de Boulogne-sur-Mer, par M. Tosi.....	147



TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

CITÉS DANS LE TOME X (2^e SÉRIE).

	Pages
ARIÈS (E.). — L'électricité considérée comme forme de l'énergie électrostatique (<i>Bibl.</i>).....	121
ARMAGNAT. — Études des canalisations souterraines après pose.....	613
ARMAGNAT (H.). — Wattmètres (<i>Bibl.</i>).....	298
ARSONVAL (D'). — Haute fréquence médicale et télégraphie sans fil.....	241
ARSONVAL (D'). — Les accidents causés par le courant électrique.....	355
BAILLEHACHE (DE). — Sur la loi de l'induction.....	89
BARBILLION (L.). — Cours municipal d'Électricité industrielle (<i>Bibl.</i>).....	302
BARBILLION (L.). — Les compteurs électriques à courants continu et alternatif (<i>Bibl.</i>).....	506
BARNI, MONTPELLIER, MAREC. — Le monteur électricien.....	207
BATTELLI, OCCHIALINI, SHELLA. — La Radioactivité et la constitution de la matière (<i>Bibl.</i>).....	636
BAYLE (F.). — Couplage des dynamos et régulateurs compensés (<i>Bibl.</i>).....	301
BÉGÉRE. — Premières notions de télégraphie et de téléphonie sans fil (<i>Bibl.</i>)...	123
BENISCHKE (G.). — Les transformateurs, leur mode de fonctionnement, construc- tion, essais et calculs (<i>Bibl.</i>).....	61
BERGER (R.). — Pratique de l'installation électrique à courant fort dans l'habi- tation (<i>Bibl.</i>).....	507
BERTIAUX (L.) et HOLLARD (A.). — Analyse des métaux par l'électrolyse (<i>Bibl.</i>)...	207
BESSON. — Production et utilisation de l'énergie électrique aux Mines de Lens...	711
BETHENOD. — Sur l'emploi du circuit intermédiaire de Stone en radiotélégraphie et en radiotéléphonie.....	135
BLANCARNOUX (P.). — Maladies de chaudières industrielles et de leurs accessoires (<i>Bibl.</i>).....	609
BLOCH (D'). — Observation sur la Communication de M. d'Arsonval.....	399
BLONDEL (A.). — Discussion de la Communication de MM. Dalémont et Herdt...	39
BOCHET (A.). — Allocution.....	319
BOCHET (A.). — Compte rendu de l'Excursion à Lens et en Belgique.....	701
BOCHET (A.). — Les projecteurs électriques militaires.....	323
BOISTEL. — Rapport de la Commission des Comptes pour l'exercice 1909.....	215
BOUASSE (H.). — Cours de Physique (<i>Bibl.</i>).....	506
BOUCHEROT, HILLAIRET, BRUNSWICK, BRYLINSKI, LEGOUÉZ. — Discussion de la Communication de M. Brunswick.....	641, 678
BOULANGER (J.) et FERRIÉ (G.). — La télégraphie sans fil et les ondes électriques (<i>Bibl.</i>).....	401
BOUTY (E.). — La vérité scientifique, sa poursuite (<i>Bibl.</i>).....	63

	Pages.
BROCHET (A.). — La soude électrolytique (<i>Bibl.</i>).....	505
BRUNSWICK. — A propos des Règlements administratifs concernant les distributions d'énergie électrique et des travaux des 1 ^{re} et 4 ^e sections.....	405
BRUNSWICK (E.-J.). — L'électricité dans les mines, applications diverses, extraction (<i>Bibl.</i>).....	209
BRUNSWICK, BRYLINSKI, LEGOUZ, BOUCHEROT, HILLAIRET. — Discussion de la Communication de M. Brunswick.....	641, 678
BRYLINSKI, LEGOUZ, BOUCHEROT, HILLAIRET, BRUNSWICK. — Discussion de la Communication de M. Brunswick.....	641, 678
CHAMPLY (R.). — L'électricité à la campagne (<i>Bibl.</i>).....	654
CHEVALLIER (H.). — Cours pratique d'Électricité industrielle à l'usage des élèves des écoles d'enseignement technique (<i>Bibl.</i>).....	210
CHRÉTIEN (H.). — Observation sur l'Étude du rayonnement des lampes à incandescence à filament métallique.....	117
COURTOIS (G.). — Quelques expériences sur les effets destructifs des décharges oscillantes de grande fréquence.....	371
CURCHOD (M.). — Installations électriques de force et de lumière (<i>Bibl.</i>).....	302
DAVID (Ch.). — Essais de câbles pour canalisations électriques effectués au Laboratoire central d'Électricité.....	512
DUCQUIER (A.), MONTPELLIER (J.), PAQUET (N.). — Électrotechnique exposée à l'aide des Mathématiques élémentaires (<i>Bibl.</i>).....	608
DOUZAL (E.). — Production électrique de l'ozone et applications à l'industrie, l'hygiène, la thérapeutique (<i>Bibl.</i>).....	505
ESCARD (J.). — La fabrication électrochimique de l'acide nitrique et des composés nitrés, à l'aide des éléments de l'air (<i>Bibl.</i>).....	208
ESCARD (J.). — Les matières abrasives industrielles (<i>Bibl.</i>).....	208
FERRIÉ (Commandant). — Sur les nouveaux procédés de transmission employés en télégraphie sans fil.....	13
FERRIÉ (G.) et BOULANGER (J.). — La télégraphie sans fil et les ondes électriques (<i>Bibl.</i>).....	101
FOVEAU DE COURMELLES (D ^r). — L'année électrique, électrothérapie et radiographie (<i>Bibl.</i>).....	210
GORCE (DE LA) et LAPORTE. — Recherches effectuées au Laboratoire central d'Électricité sur l'équivalent électrochimique de l'argent.....	157
GRAFFIGNY (H. DE). — Albums de plans de pose (<i>Bibl.</i>).....	508
GRAFFIGNY (H. DE). — L'électricité de haute tension et de haute fréquence (<i>Bibl.</i>).....	301
GROSSELIN. — Observation sur le cahier des charges de l'Union des Syndicats relatif aux câbles sous plomb armés, pour tensions supérieures à 2000 volts.	629
GUÉRY. — L'inondation de janvier 1910 et le matériel électrique.....	729
HILLAIRET, BRUNSWICK, BRYLINSKI, LEGOUZ, BOUCHEROT. — Discussion de la Communication de M. Brunswick.....	641, 678
HOLLARD (A.) et BERTIAUX (L.). — Analyse des métaux par l'électrolyse (<i>Bibl.</i>).....	207
JANET (P.). — Compte rendu sur le Laboratoire central et l'École supérieure d'Électricité.....	221
JANET (P.). — Leçons d'Électrochimie générale professées à l'École supérieure d'Électricité (<i>Bibl.</i>).....	122

	Pages
JOLY (L.). — Appareils à deux aiguilles (système Ferrié et Carpentier). Fréquencemètres. Ohmmètres.....	79
JOUAUST (R.). — Recherches faites au Laboratoire central d'Électricité sur l'étalon de résistance et l'étalon de force électromotrice.....	187
JOUGUET (E.). — Théorie des moteurs thermiques (<i>Bibl.</i>).....	121
LABOUREUR (M.). — Précis de législation de l'électricité (<i>Bibl.</i>).....	298
LAPORTE et DE LA GORCE. — Recherches effectuées au Laboratoire central d'Électricité sur l'équivalent électrochimique de l'argent.....	157
LARNAUDE. — Allocution.....	285
LATOUR (M.). — La commutation.....	265, 381
LÉAUTÉ (A.). — Recherches sur la décharge des condensateurs (<i>Bibl.</i>).....	656
LEGOUEZ. — Premiers résultats de l'enquête sur les accidents dus aux surtensions et aux courts-circuits dans les usines et les réseaux.....	485
LEGOUEZ, BOUCHEROT, BRUNSWICK, HILLAIRET, BRYLINSKI. — Discussion de la Communication de M. Brunswick.....	641, 678
LIÉNARD. — Observation sur la loi de l'induction.....	288
LOPPÉ (F.). — Emploi des accumulateurs (<i>Bibl.</i>).....	298
LOPPÉ (F.). — Essais des machines électriques : mesures mécaniques (<i>Bibl.</i>)...	298
MANVILLE (O.). — Les découvertes modernes en Physique (<i>Bibl.</i>).....	122
MAREC, BARNI, MONTPELLIER. — Le monteur électricien (<i>Bibl.</i>).....	207
MARIÉ (G.). — Étude complémentaire sur la stabilité du matériel des chemins de fer (<i>Bibl.</i>).....	299
MARIÉ (G.). — Oscillations de lacet des véhicules de chemins de fer (<i>Bibl.</i>)...	299
MAUDUIT (A.). — Électrotechnique appliquée. Machines électriques (<i>Bibl.</i>)....	654
MAUGAS. — Note au sujet des expériences faites par le Laboratoire central d'Électricité sur les câbles électriques.....	597
MILANDRE (C.) et VIGNEUX (C.). — Notes et formules de l'ingénieur et du constructeur mécanicien (<i>Bibl.</i>).....	298
MONGIN. — Les installations électriques de Rio-de-Janeiro.....	457
MONIER (E.). — La télégraphie sans fil, la télé mécanique, et la téléphonie sans fil à la portée de tout le monde (<i>Bibl.</i>).....	507
MONTPELLIER (J.). — Agenda Dunod 1910. Électricité (<i>Bibl.</i>).....	298
MONTPELLIER, MAREC, BARNI. — Le monteur électricien (<i>Bibl.</i>).....	207
MONTPELLIER (J.), PAQUET (N.), DOQUIER (A.). — Électrotechnique exposée à l'aide des Mathématiques élémentaires (<i>Bibl.</i>).....	608
MOULIN (M.). — Recherches sur l'ionisation produite par les rayons α (<i>Bibl.</i>)...	655
NANSOUTY (MAX DE). — Les merveilles de la Science (<i>Bibl.</i>).....	299
NEUMANN (B.) et POST (J.). — Traité complet d'Analyse chimique, appliquée aux essais industriels (<i>Bibl.</i>).....	209
NODON (A.). — L'action électrique du Soleil (<i>Bibl.</i>).....	655
ORLICH (E.). — Capacité et inductivité, définitions, calculs et mesures (<i>Bibl.</i>)...	61
OCCHIALINI, SHELLA, BATTELLI. — La Radioactivité et la constitution de la matière (<i>Bibl.</i>).....	656
PACORET (E.). — Calcul et construction des appareils de levage, treuils et ponts roulants (<i>Bibl.</i>).....	63
PAQUET (N.), DOQUIER (A.), MONTPELLIER (J.). — Électrotechnique exposée à l'aide des Mathématiques élémentaires (<i>Bibl.</i>).....	608

	Pages
PAULY (J.). — Notions élémentaires du Calcul différentiel et intégral (<i>Bibl.</i>)....	63
PELLAT (H.). — Cours d'Électricité (<i>Bibl.</i>).....	121
PICOU (R.-V.). — Discussion de la Communication de M. Armagnat.....	624
PICOU (R.-V.). — Distributions de l'électricité. Installations isolées (<i>Bibl.</i>)....	655
PIÉRARD (E.). — Cours d'Électricité et de Magnétisme (<i>Bibl.</i>).....	654
POINCARÉ (L.). — Nécrologie : J. Joubert... ..	305
POST (J.) et NEUMANN (B.). — Traité complet d'Analyse chimique appliquée aux essais industriels (<i>Bibl.</i>).....	209
PROUMEN (H.-J.). — La matière, l'éther, l'électricité (<i>Bibl.</i>).....	301
RAGNO (S.). — Soudure autogène des métaux (<i>Bibl.</i>).....	299
ROUX (G.). — Formulaire de l'électricien et du mécanicien (<i>Bibl.</i>).....	609
ROY (L.). — De l'influence de la ventilation sur la température de régime des conducteurs nus ou isolés.....	69
ROY (L.). — Recherches sur les propriétés thermomécaniques des corps solides (<i>Bibl.</i>).....	504
RUSSEL (A.). — La théorie des courants alternatifs (<i>Bibl.</i>).....	60 122
RZIKA (E.) et SEIDENER (J.). — La technique des courants intenses. Livre de poche pour les électriciens (<i>Bibl.</i>).....	62
SARTORI (G.). — La technique pratique des courants alternatifs à l'usage des électriciens et des ingénieurs (<i>Bibl.</i>).....	63
SEIDENER (J.) et RZIKA (E.). — La technique des courants intenses. Livre de poche pour les électriciens (<i>Bibl.</i>).....	62
SIELLA, BATTELLI, OCCHIALINI. — La Radioactivité et la constitution de la matière (<i>Bibl.</i>).....	656
TISSOT (C.). — Oscillations électriques. Principes de la télégraphie sans fil (<i>Bibl.</i>)...	401
TOSI. — Résultats obtenus au poste radiotélégraphique de Boulogne-sur-Mer...	147
TURPAIN (A.). — Notions fondamentales sur la télégraphie (<i>Bibl.</i>).....	300
TURPAIN (A.). — Téléphonie : du téléphone Bell aux multiples automatiques (<i>Bibl.</i>)...	300
VIGNERON (E.). — Électrostatique (<i>Bibl.</i>).....	298
VIGNERON (E.). — Le courant électrique. Résistance. Lois d'Ohm et de Joule. Étude thermodynamique des piles. Théories des Ions (<i>Bibl.</i>).....	608
VIGNERON (E.). — Magnétisme et Électromagnétisme (<i>Bibl.</i>).....	608
VIGREUX (C.) et MILANDRE (C.). — Notes et formules de l'ingénieur et du con- structeur mécanicien (<i>Bibl.</i>).....	298
WERNICKE (K.). — Les isolants en Électrotechnique (<i>Bibl.</i>).....	121

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
Notice.....	3
Décret d'utilité publique	6
Statuts.....	7
Règlement intérieur d'administration	10
Laboratoire central d'Électricité.	Emplacement du Laboratoire
	14
	Décret, Convention et Actes divers
	15
	Règlement de contrôle.....
	22
	Règlement intérieur.....
	23
	Commission administrative
	26
	Personnel.....
	26
	Tarif des essais et étalonnements.....
	27
	Règlement administratif.....
	35
	Commission administrative
	36
	Conseil de perfectionnement.....
	37
	Souscripteurs
École supérieure d'Électricité.....	39
	Personnel.....
	39
	Organisation de l'Enseignement.....
	40
	Cours et Conférences
	45
	Programme d'admission.....
	47
	Présidents honoraires.....
	53
	Anciens Présidents
	53
	Membres du Bureau.....
	54
Comité d'administration	Membres du Comité
	55
	Sections du Comité
	57
Commission des Comptes	58
Commission consultative.....	58
Membres honoraires.....	59
Membres correspondants.....	59
Donateurs.....	61
Liste générale alphabétique des Membres de la Société	65
Liste par localités	131
Liste des périodiques reçus à la Bibliothèque	148
Liste des libraires et éditeurs accordant des remises.....	151

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 7 DÉCEMBRE 1886.

NOTICE.

La Société internationale des Électriciens, fondée dans le courant de l'année 1883 et définitivement constituée par l'Assemblée générale du 15 novembre de la même année, a été reconnue d'utilité publique le 7 décembre 1886.

Dès l'année 1884, la Société commença la publication d'un bulletin mensuel.

La Société a fondé, en 1888, le Laboratoire central d'Électricité, qui avait été institué à Paris par le décret du 24 février 1882 sous la haute direction du Ministre des Postes et Télégraphes; les dons, en argent ou en nature, faits par les Membres de la Société ont beaucoup aidé à cette création. En novembre 1894, la Société fonda une École d'Application qui est aujourd'hui l'École supérieure d'Électricité.

Le Laboratoire et l'École vivent actuellement des subventions de la Société et de leurs revenus propres. Ces deux fondations, qui forment actuellement deux des plus importants services de la Société, sont dues entièrement à son initiative, elles sont la démonstration la plus évidente de son activité et de son utilité.

Séances. — La Société tient ses séances mensuelles dans l'Hôtel de la Société d'Encouragement, 44, rue de Rennes, le premier mercredi de chaque mois, à 8 heures et demie du soir.

L'aménagement de la salle et la facilité de disposer à volonté de l'énergie électrique permettent d'ajouter aux séances l'attrait d'expériences et de projections. Des invitations sont envoyées aux personnes étrangères à la Société, qui en font la demande pour une séance déterminée. Des cartes d'entrée sont également envoyées aux élèves des principales Écoles.

Dans ces séances, la Société entend les Communications techniques qui lui sont présentées et qu'elle provoque au besoin. C'est ainsi qu'au fur et à mesure des progrès de la science électrique, la Société a entendu l'exposé des grandes découvertes de *Hertz*, de *Röntgen*, de *Becquerel*, de *Curie*, et, plus récemment, les théories nouvelles relatives au rôle des *ions*.

Les grandes applications de l'électricité ont donné lieu à de nombreuses Communications. On peut citer parmi les discussions provoquées par la Société : *la traction mécanique dans Paris*, *le couplage des alternateurs*, *l'irrégularité des moteurs à vapeur*, *les effets des surtensions dans les*

câbles, les appareils de protection contre la rupture des conducteurs aériens, la traction électrique, etc. Sur tous ces sujets la collection du *Bulletin* renferme une quantité de documents originaux de haute valeur.

Dans le cours de l'année 1905-1906, la Société a été appelée par le Ministère de la Marine à donner son avis sur un projet de réglementation des conditions à imposer aux fournisseurs du matériel électrique de son Département et les conclusions adoptées par elle ont été rendues officielles. Enfin, la Société a pris l'initiative de la formation du Comité français de la Commission électrotechnique internationale, dont la création a été décidée par le Congrès de Saint-Louis en 1904, et qui a pour but de définir et d'uniformiser les modèles et les méthodes d'essais des machines et appareils électriques.

Commissions. — Afin de faciliter l'étude et la discussion de toutes les questions techniques, le Comité d'administration est divisé en six sections dans lesquelles ses Membres sont groupés par spécialités. Ces sections tiennent des réunions indépendantes des séances mensuelles de la Société et elles y discutent, d'une façon plus complète, toutes les questions qui leur sont soumises ou qu'elles croient devoir étudier. Les résultats de ces discussions sont présentés à la Société dans les séances mensuelles et insérés au *Bulletin*.

Bulletin. — Le *Bulletin* mensuel publie les Communications faites en séance, ainsi que les discussions qui les accompagnent.

Bibliothèque. — La Bibliothèque de la Société renferme un grand nombre d'Ouvrages et une importante collection de périodiques. Tous les Ouvrages offerts à la Société y prennent place, après avoir été l'objet d'un compte rendu analytique dans le *Bulletin* mensuel.

Elle est ouverte tous les jours de 3^h à 6^h, à tous les Membres adhérents, qui peuvent y consulter sur place tous les Ouvrages qu'elle contient.

Laboratoire. — Le Laboratoire central d'Électricité est à la disposition des savants et des industriels, dans les conditions définies par le Règlement d'administration que l'on trouvera ci-après et du Règlement intérieur (voir p. 23). Il offre à l'industrie des moyens de contrôle et d'essai des appareils et matières, dans des conditions de haute précision et de parfaite impartialité. Les résultats des mesures sont consignés dans des certificats signés par le Directeur du Laboratoire. Le nombre des essais demandés par les administrations publiques et par l'industrie suit une progression rapide.

En même temps, le Laboratoire met à la disposition des jeunes gens qui se destinent à l'industrie électrique; et qui possèdent déjà une instruction théorique suffisante, le moyen d'acquérir, par la pratique, la connaissance et l'usage des instruments et des machines.

École supérieure d'Électricité. — L'École supérieure d'Électricité a pour but de donner aux ingénieurs les connaissances pratiques qu'exige l'emploi si étendu de l'électricité dans l'industrie.

L'enseignement comprend des cours généraux, des séries de conférences et des travaux pratiques au laboratoire et à l'atelier (*voir* p. 40).

Les élèves ayant suivi avec assiduité tous les exercices de l'École et satisfait aux examens de sortie reçoivent un diplôme d'ingénieur électricien.

Offres et demandes d'emploi. — Les offres et demandes d'emploi faites par les membres de la Société sont insérées dans le *Bulletin mensuel* lorsqu'elles ont été reçues au Secrétariat avant le 5 du mois.

Remises des Librairies. — Par suite d'une entente spéciale avec un certain nombre de Libraires et Éditeurs, des remises spéciales sont faites aux Membres de la Société sur les livres provenant des Maisons dont le nom est inséré dans l'*Annuaire* (*voir* p. 151).

Insigne. — Pour faciliter la reconnaissance des Membres de la Société, dans le cas de visites collectives ou de réceptions, le Comité a fait établir un insigne en argent (*voir* p. 151).



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

DÉCRET.

Le Président de la République française,
Sur le Rapport du Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes,
Vu la demande formée par la Société internationale des Électriciens, à l'effet d'être reconnue comme établissement d'utilité publique ;

Vu les statuts de cette Société, l'état de sa situation financière et les autres pièces produites à l'appui de sa demande ;

Vu l'avis favorable du Comité des Travaux historiques et scientifiques (Section des Sciences) ;

Vu les avis favorables du Préfet de la Seine et du Vice-Recteur de l'Académie de Paris ;

La Section de l'Intérieur, de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes du Conseil d'État entendue,

Décérte :

ART. 1^{er}. — La Société internationale des Électriciens est reconnue comme établissement d'utilité publique.

ART. 2. — Les statuts sont approuvés tels qu'ils sont ci-annexés. Aucune modification ne pourra y être apportée sans autorisation du Gouvernement.

ART. 3. — Le Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 7 décembre 1886.

Signé : JULES GRÉVY.

Par le Président de la République :

*Le Ministre de l'Instruction publique,
des Beaux-Arts et des Cultes,*

Signé : RENÉ GOBLET.

Pour ampliation :

Le chef de bureau au Cabinet,

Signé : ROUJON.

STATUTS.

ART. 1^{er}. — La *Société internationale des Électriciens* a pour but :

1^o De centraliser, pour leur étude et leur discussion, les renseignements et les documents concernant les progrès de l'Électricité;

2^o De favoriser la vulgarisation et le développement de l'Électricité par tous les moyens. A cet effet, elle exerce son action par des réunions, des conférences, des publications, des dons, en instruments ou en argent, aux personnes travaillant à des recherches ou entreprises scientifiques qu'elle aurait provoquées ou approuvées;

3^o D'établir et d'entretenir des relations suivies et de solidarité entre les divers Membres, français ou étrangers, de la Société.

Le siège de la Société est à Paris.

ART. 2. — La Société s'interdit toute ingérence dans une entreprise industrielle ou commerciale quelconque.

ART. 3. — La Société se compose :

De *Membres titulaires*;

De *Membres fondateurs*;

De *Membres honoraires*.

Pour devenir Membre de la Société, il faut :

Adresser au Président une demande écrite appuyée par deux Membres de la Société;

Être élu en séance, à la majorité des voix.

Les Sociétés et Compagnies scientifiques et industrielles peuvent, sur l'avis motivé du Comité, figurer parmi les Membres de la Société internationale des Électriciens. Elles sont alors représentées dans les actes de la Société par un délégué spécial.

Tout Membre ayant fait don à la Société d'une somme d'au moins 500^{fr} reçoit la qualité de Donateur.

Les Membres fondateurs sont ceux qui faisaient partie de la Société avant le 15 octobre 1883, et ceux qui étaient devenus donateurs avant le 15 octobre 1884.

Le titre de Membre honoraire est conféré comme un hommage et une distinction à des personnes ayant rendu à la Science, à l'Industrie ou à la Société en particulier des services éminents.

Les Membres honoraires sont nommés par l'Assemblée générale sur la proposition du Comité.

ART. 4. — Tous les Membres de la Société, sauf les Membres honoraires, payent une cotisation annuelle dont le minimum est fixé à vingt francs.

La cotisation peut être rachetée moyennant le versement d'une somme déterminée.

ART. 5. — La Société est administrée par un Comité formé du Bureau de la Société et de quarante-huit Membres, et élu par l'Assemblée générale.

Le Bureau de la Société se compose de :

Un Président;

Six Vice-Présidents;

Un Secrétaire général;

Six Secrétaires;

Un Trésorier.

Le Président préside les séances de la Société et celles du Comité; il est nommé pour une année et n'est point immédiatement rééligible.

Les Vice-Présidents et les Secrétaires sont nommés pour trois ans et renouvelés chaque année par tiers; les Membres sortants ne sont point immédiatement rééligibles.

Le Secrétaire général organise les séances et dirige les publications de la Société; il mandate les dépenses.

Le Trésorier opère les recettes, paye les dépenses, et a le dépôt des valeurs.

Le Secrétaire général et le Trésorier sont nommés pour deux ans; ils sont tous deux rééligibles.

Le Président et le Secrétaire général doivent être de nationalité française.

Les autres Membres du Comité sont nommés pour trois ans et renouvelés chaque année par tiers; les Membres sortants ne sont pas immédiatement rééligibles.

Les anciens Présidents font de droit partie du Comité.

Des Présidents d'honneur peuvent être créés en Assemblée générale sur la proposition du Comité.

ART. 6. — Le Comité veille à l'exécution des décisions de l'Assemblée générale; il a la gestion des fonds; il autorise et organise les conférences, les réunions techniques, les publications, et provoque, au besoin, la formation de Congrès scientifiques; il convoque les Membres de la Société en Assemblée générale extraordinaire, lorsqu'il le juge nécessaire.

Le Comité se réunit tous les trimestres et peut être convoqué en séance exceptionnelle, soit par le Président, soit sur la demande de dix de ses Membres.

La présence de quinze Membres du Comité est nécessaire pour assurer la validité des délibérations.

ART. 7. — Les délibérations relatives à l'acceptation des dons et legs, aux acquisitions et échanges d'immeubles sont soumises à l'approbation du Gouvernement.

ART. 8. — Les délibérations relatives aux aliénations, constitutions d'hypothèques, baux à longs termes et emprunts, ne sont valables qu'après l'approbation de l'Assemblée générale.

ART. 9. — Le Trésorier représente la Société en justice et dans tous les actes de la vie civile.

ART. 10. — Une Assemblée générale ordinaire des Membres de la Société a lieu, une fois par an, dans les conditions déterminées par le Règlement intérieur.

L'Assemblée générale est présidée par le Président ou l'un des Vice-Présidents.

Son ordre du jour est réglé par le Comité.

Elle entend le Rapport du Comité sur sa gestion; elle approuve les comptes de l'exercice clos, sur le Rapport de trois Membres élus au scrutin, en dehors du Comité, et dans les formes prescrites au Règlement intérieur; elle pourvoit au renouvellement des Membres du Comité.

Tous les Membres de la Société sont appelés à prendre part aux élections, soit par le dépôt direct de leurs votes dans l'Assemblée générale, soit par correspondance.

ART. 11. — Les séances ordinaires de la Société ont lieu sur la convocation du Président.

Des sessions générales des Membres français et étrangers de la Société peuvent être provoquées et organisées par le Comité.

ART. 12. — Le fonds social de la Société internationale des Électriciens se compose :

- 1° Des sommes versées par les donateurs;
- 2° Des sommes provenant des rachats des cotisations annuelles;
- 3° Des dons et legs sans destination spéciale.

Les sommes composant le fonds social ne peuvent être employées qu'en immeubles, en rentes nominatives sur l'État français ou en obligations nominatives de chemins de fer français garantis par l'État.

Les fonds disponibles se composent :

- 1° Des intérêts de placement du fonds social, et du revenu des biens et valeurs de toute nature;
- 2° Des cotisations annuelles;
- 3° Des dons ou legs faits à la Société pour un objet immédiat et déterminé;
- 4° Des subventions qui pourraient lui être accordées;
- 5° Du produit des ressources exceptionnelles provenant des Conférences, des vérifications d'instruments, etc.

Les dons ou legs ne peuvent être acceptés par la Société qu'après autorisation du Gouvernement.

ART. 13. — Les Statuts de la Société ne peuvent être modifiés que par décision d'une Assemblée générale extraordinaire, sur une question motivée, signée par vingt-cinq Membres et préalablement soumise au Comité.

L'Assemblée générale extraordinaire, convoquée à cet effet à un mois de date, devra réunir cent Membres au moins présents ou représentés. Si l'Assemblée ne réunit pas cent Membres, une nouvelle convocation est faite à un mois de date, et le vote est alors valable, quel que soit le nombre des Membres présents ou représentés.

Les décisions sont prises à la majorité des deux tiers des Membres présents ou représentés et sont soumises à l'approbation du Gouvernement.

ART. 14. — La question de dissolution ne pourra être soulevée que par une demande motivée portant la signature de cinquante Membres au moins. Cette demande sera soumise au Comité qui en fera l'objet d'un rapport à une Assemblée générale extraordinaire convoquée spécialement à cet effet.

Les résolutions sont prises à la majorité des deux tiers des Membres présents ou représentés et soumises à l'approbation du Gouvernement.

ART. 15. — En cas de dissolution, l'actif de la Société est attribué, par délibération de l'Assemblée générale, approuvée par le Gouvernement, à un ou plusieurs établissements analogues et reconnus d'utilité publique. Les clauses stipulées par les donateurs, en prévision de ce cas, devront être respectées.

ART. 16. — Un Règlement intérieur, préparé par le Comité, adopté par l'Assemblée générale et dûment approuvé, détermine les conditions de détail propres à assurer l'exécution des présents Statuts.



RÈGLEMENT INTÉRIEUR D'ADMINISTRATION.

I. — Cotisations.

1. La cotisation annuelle est de 20 francs (art. 4 des Statuts).
2. Elle est due par tous les Membres, sauf les Membres honoraires.
3. Le paiement de la première cotisation doit être effectué par chaque Membre nouveau, immédiatement après son admission. La cotisation de l'année en cours est due, quelle que soit la date de l'admission.
4. Le paiement des cotisations suivantes devra être effectué du 1^{er} janvier au 30 juin.
5. Les quittances seront détachées d'un registre à souche et signées du trésorier.
6. En cas de non-paiement d'une cotisation échue et réclamée, l'envoi des publications est suspendu.
7. Tout Membre en retard de deux années pour le paiement de ses cotisations sera, après un dernier avertissement, considéré comme ne faisant plus partie de la Société.
8. Toute démission donnée ne sera valable qu'après acquittement des cotisations dues; sinon la radiation sera prononcée.
9. Les membres peuvent se libérer de toute cotisation moyennant le paiement d'une somme de 250 francs, effectué soit en un versement, soit en deux de 125 francs chacun et à un intervalle de moins de douze mois.

II. — Elections.

10. Les élections pour le renouvellement du Bureau et du Comité ont lieu tous les ans, lors de la réunion de l'Assemblée générale ordinaire.
11. Tous les Membres de la Société sont appelés à prendre part aux élections, soit par le dépôt direct de leur vote, soit par correspondance.
12. Les votes par correspondance devront être parvenus au siège de la Société la veille, au plus tard, de la réunion de l'Assemblée générale ordinaire. Le bulletin de vote devra être fermé et accompagné d'une lettre d'envoi signée de l'expéditeur et adressée au Président de la Société.
13. Les bulletins détachés des lettres d'envoi seront joints aux bulletins déposés directement par les Membres présents à l'Assemblée générale. Le dépouillement aura lieu séance tenante, sous la surveillance de deux Membres du Bureau. Le résultat sera proclamé immédiatement.
14. Le Comité se réunit en temps utile pour discuter les titres des candidats et fait connaître les noms qu'il propose au choix de la Société dans la réunion mensuelle qui précède l'Assemblée générale.

15. Le Président, le Secrétaire général et le Trésorier ne peuvent être pris que parmi les Membres nationaux ayant leur résidence à Paris.

III. — Assemblées générales.

16. L'Assemblée générale ordinaire a lieu tous les ans, au mois de mars ou d'avril.

17. L'Assemblée générale procède à l'élection des Membres du Bureau, du Comité et de la Commission des comptes. Le Président est nommé une année à l'avance; il prend part aux travaux du Bureau en fonction.

Elle entend le Rapport fait, au nom du Comité, sur la gestion de l'année;

Elle entend le Rapport de la Commission des comptes et approuve les comptes de l'année;

Elle vote sur les questions d'intérêt général ou de règlement intérieur portées à son ordre du jour.

18. Les décisions sont prises à la majorité relative; en cas de partage des voix, la voix du Président est prépondérante.

19. L'ordre du jour de l'Assemblée générale est arrêté par le Comité. Aucune question en dehors de cet ordre du jour ne peut être introduite devant l'Assemblée générale.

20. Les membres de la Société qui désireraient faire porter une proposition à l'ordre du jour de l'Assemblée générale doivent en envoyer le texte, avant le 1^{er} mars, au Président, qui en donne communication au Comité.

21. Les Rapports du Comité d'administration, de la Commission des comptes, ainsi que l'ordre du jour de l'Assemblée générale arrêté par le Comité, sont déposés au secrétariat dix jours au moins avant la réunion de l'Assemblée générale, à la disposition de tous les Membres qui désireraient en prendre connaissance.

22. Une Assemblée générale extraordinaire peut être convoquée par le Comité toutes les fois qu'il le juge nécessaire.

L'Assemblée générale extraordinaire est convoquée dans la même forme et délibère sous les mêmes conditions que l'Assemblée générale ordinaire, conditions réglées par les articles 10 et 13 des Statuts et l'article 19 du présent Règlement.

IV. — Comité.

23. Les attributions du Comité sont réglées par l'article 6 des Statuts.

24. Les procès-verbaux des séances du Comité sont transcrits sur un registre spécial folioté. Après son adoption, chaque procès-verbal est revêtu de la signature du Président et du Secrétaire-rédacteur.

25. L'ordre du jour des séances du Comité est indiqué dans les lettres de convocation.

V. — Bureau.

26. Le Président préside toutes les réunions de la Société et du Comité.

Il est Président de droit de toutes les Commissions.

27. Le Secrétaire général organise les séances de la Société, prépare les travaux du Comité, dirige les publications. Les dépenses sont mandatées par lui. Il a sous ses ordres, par délégation du Président, les agents rétribués de la Société.

28. Le Trésorier est l'agent délégué du Comité d'administration pour la gestion financière.

Il effectue les recettes et dépenses, les mouvements de fonds, achats et ventes de titres et représente la Société en justice et dans tous les actes de la vie civile, le tout en se conformant aux décisions prises par le Comité.

Lorsqu'il est, pour une cause quelconque, empêché de remplir ses fonctions, le Comité désigne un Trésorier suppléant qui est chargé du service jusqu'à la réunion de l'Assemblée ordinaire.

29. Le Comité nomme un secrétaire pris hors de son sein et appointé.

Le secrétaire du Comité rédige les procès-verbaux de l'Assemblée générale, des réunions mensuelles du Comité et des Commissions et veille à la transcription, sur les registres spéciaux, des procès-verbaux approuvés.

Il a la garde des archives et de la bibliothèque.

Il surveille les impressions, l'envoi des convocations, la distribution des bulletins.

Il prête son concours au Trésorier pour la perception des cotisations et le paiement des factures, des loyers et des traitements.

VI. — Réunions ordinaires.

30. Les réunions ordinaires ont lieu le premier mercredi de chaque mois, les mois d'août, de septembre et d'octobre exceptés.

Elles sont principalement consacrées aux Communications relatives à l'Électricité, présentées soit par des Membres de la Société, soit par des personnes étrangères autorisées.

L'ordre du jour de la séance est réglé par le Bureau.

31. Il y est voté à mains levées sur l'admission des Membres nouveaux.

32. Le Président y rend compte des travaux et des décisions du Comité, et, en général, de toutes les questions pouvant intéresser la Société.

33. Tout Membre désirant faire une proposition doit en remettre le texte par écrit au Président, autant que possible avant la séance.

Si, de l'avis du Bureau, la motion est de nature à engager la responsabilité morale ou financière de la Société, elle est renvoyée de droit au Comité sans qu'elle puisse donner lieu à une discussion dans la réunion.

VII. — Bulletin.

34. Un Bulletin, mensuel, rend compte des travaux de la Société et donne un résumé des Communications faites en séance.

Le Bureau prononce sur l'admission de ces résumés et sur l'étendue qui peut leur être accordée.

35. Le Bulletin est envoyé gratuitement à tous les Membres.

36. Des abonnements peuvent être consentis à un prix fixé par le Comité.

37. Les échanges de publications doivent être autorisés par le Comité.

VIII. — Laboratoire central d'Électricité.

38. Le Laboratoire central d'Électricité a pour objet de :

1° Réunir et conserver une série d'étalons de toutes les grandeurs électriques;

2° Former une bibliothèque aussi complète que possible des ouvrages français et étrangers traitant d'Électricité;

- 3° Étalonner des appareils de mesure appartenant à des tiers;
- 4° Déterminer les constantes d'appareils électriques industriels : piles, accumulateurs, dynamos, lampes, etc.;
- 5° Étudier des appareils nouveaux ou des méthodes nouvelles ayant trait à l'Électricité;
- 6° Faciliter des études et des recherches personnelles sur le même sujet.

39. Le Laboratoire est administré, conformément aux traités passés avec l'État et la Ville de Paris, par une Commission composée du Bureau, des anciens présidents de la Société, du président du Syndicat des industries électriques et d'un Délégué du Conseil municipal de la Ville de Paris. Cette Commission se réunit périodiquement au Laboratoire et au moins quatre fois par an.

40. Un électricien est chargé de la direction du Laboratoire; il lui est adjoint le personnel reconnu nécessaire. Le Directeur assiste, avec voix consultative, aux séances de la Commission administrative.

41. Les travaux effectués au Laboratoire pour des tiers donnent lieu à des redevances déterminées.

Le tarif des redevances est arrêté par la Commission.

Les taxes perçues et tous les produits des opérations du Laboratoire restent acquis à la Société internationale des Électriciens, pour être consacrés à l'entretien, au développement et à l'amélioration du Laboratoire.

42. Le Directeur soumet à l'approbation de la Commission les projets d'études ou d'expériences à entreprendre en dehors des travaux visés à l'article précédent.

43. Le Laboratoire est ouvert, après autorisation de la Commission, aux personnes qui désirent effectuer elles-mêmes des recherches concernant l'Électricité ou le Magnétisme. En cas d'admission au Laboratoire, l'intéressé versera mensuellement une redevance fixe, et il remboursera à la Société tous les frais entraînés par ses recherches.

44. Des élèves sont admis au Laboratoire pour un temps déterminé, en vue de s'exercer au maniement des appareils électriques.

Le nombre des élèves, les conditions de leur admission et la durée de leur séjour seront fixés par la Commission.

45. La bibliothèque est confiée au Directeur du Laboratoire. Les livres doivent être consultés sur place et ne peuvent en aucun cas sortir du Laboratoire.

46. Les ressources du Laboratoire se composent :

- 1° De la rente provenant du reliquat de l'Exposition internationale d'Électricité de 1881;
- 2° Des dons qui sont faits à la Société avec affectation spéciale au Laboratoire;
- 3° Des recettes qu'il effectue;
- 4° Du crédit ouvert chaque année par la Société.

47. La Commission présente chaque année au Comité d'administration de la Société un compte rendu des travaux et des finances du Laboratoire avec un inventaire du matériel.

48. Toutes les conditions d'ordre intérieur du Laboratoire, arrêtées par la Commission, seront publiées au *Bulletin* de la Société, affichées au siège social et au Laboratoire, et communiquées à toutes les personnes qui en feront la demande.

LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

Emplacement du Laboratoire.

Par une délibération en date du 5 mai 1890, le Conseil municipal de Paris concédait, à la Société internationale des Électriciens, un terrain de 2715^{m²} situé rue Lhomond. Le 13 avril 1892, une nouvelle délibération autorisait l'échange du terrain ci-dessus contre un autre terrain, situé rue de Staël et ayant une surface de 1500^{m²} environ.

La cession de ce terrain fut réalisée par un arrêté préfectoral du 14 mars 1894, aux conditions suivantes : la durée de la concession est de 60 années, du 4 juin 1892 au 3 juin 1952. La redevance annuelle à payer par la Société est de 1^{re} par an; de plus, une somme de 5000^{fr}, divisée en cinq annuités de 1000^{fr}, devait être payée depuis 1897 jusqu'à 1901. La Société s'engageait à maintenir le Laboratoire sur ce terrain et, à l'expiration des 60 années, les constructions, le terrain et les accroissements immobiliers feraient retour à la Ville de Paris.

Les essais et étalonnements demandés par la Ville de Paris, pour son service, doivent être faits gratuitement par le Laboratoire.

Deux bourses d'élèves au Laboratoire sont réservées aux personnes désignées par la Ville.

Un délégué du Conseil municipal fait partie du Comité de direction du Laboratoire.

La Société s'engage à entretenir les bâtiments en bon état et à les faire reconstruire s'il y a lieu.

Des agrandissements étant devenus nécessaires, le Conseil municipal accordait, par délibérations du 13 décembre 1901 et du 26 mars 1902, le terrain contigu à celui déjà occupé par le Laboratoire et rendu libre par le départ des ambulances municipales.

Cette nouvelle concession, réalisée par arrêté du 14 janvier 1904, a une durée de 60 années, du 7 novembre 1903 au 7 novembre 1963; elle proroge les concessions antérieures, de sorte que tous les terrains occupés par la Société feront retour en même temps à la Ville (1).

(1) Les textes des divers arrêtés relatifs à ces concessions se trouvent dans le *Bulletin* des années correspondantes, et ils ont été reproduits dans les *Annuaire*s de la Société jusqu'en 1906.

I. — DÉCRETS, CONVENTION ET ACTES DIVERS
RELATIFS AU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

DÉCRET.

Le Président de la République Française,
Sur le Rapport du Ministre des Postes et des Télégraphes,

DÉCRÈTE :

ART. 1^{er}. — Il est institué à Paris, sous la haute direction du Ministre des Postes et des Télégraphes, un laboratoire central d'électricité.

ART. 2. — La somme de 325000^{fr}, dès à présent disponible, sur les bénéfices de l'Exposition Internationale d'Électricité, est consacrée à l'organisation de ce laboratoire.

ART. 3. — Un arrêté ministériel réglera l'organisation et les conditions du fonctionnement du laboratoire.

ART. 4. — Le Ministre des Postes et des Télégraphes est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le 24 février 1881.

JULES GRÉVY.

Par le Président de la République :

Le Ministre des Postes et des Télégraphes,

AD. COCHERY.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

DÉCRET.

Le Président de la République,

Vu le Décret du 24 février 1882, instituant à Paris un Laboratoire central d'Électricité sous la haute direction du Ministre des Postes et des Télégraphes;

Vu les Décrets des 12 juillet et 17 août 1886 réglant l'emploi des fonds affectés à l'installation et à l'entretien de cet établissement;

Vu la Convention conclue pour l'organisation et l'entretien dudit Laboratoire avec la Société internationale des Électriciens reconnue d'utilité publique par le Décret du 7 décembre 1886;

Vu la lettre en date du 13 février 1891 par laquelle le Ministre des Finances adhère à cette Convention;

Sur la proposition du Ministre du Commerce et de l'Industrie,

DÉCRÈTE :

ART. 1^{er}. — Est approuvée la Convention susvisée dont un exemplaire restera annexé au présent Décret et qui fixe les conditions d'organisation et d'entretien du Laboratoire central d'Électricité institué à Paris par Décret du 23 février 1882.

ART. 2. — Les arrérages de la rente de 10933^{fr}, inscrite au bénéfice du Laboratoire central d'Électricité, en vertu du Décret du 17 août 1886, seront versés directement par la Caisse des Dépôts et Consignations à titre de subvention, par trimestre échu, à la Société internationale des Électriciens, après déduction des prélèvements à opérer par application de l'article 8 de la Convention et sur le vu d'un certificat du Directeur général des Postes et des Télégraphes, ou de son représentant, constatant que ladite Société a rempli ses engagements en ce qui concerne le fonctionnement et l'entretien du Laboratoire.

ART. 3. — Dans le cas où la Société internationale des Électriciens ferait agréer un nouvel emplacement propre à l'installation du Laboratoire et dont la jouissance lui serait garantie pour une durée suffisante, le Ministre du Commerce et de l'Industrie pourrait, de concert avec le Ministre des Finances, autoriser l'aliénation d'une partie de la rente mentionnée à l'article précédent, jusqu'à concurrence d'un capital de 100000^{fr} au plus et faire verser ce capital à la Société, soit en totalité, soit par fractions, au fur et à mesure des besoins, pour être employé à la réinstallation du Laboratoire. La subvention annuelle de 10933^{fr} serait alors réduite d'une somme équivalente au montant de la rente aliénée.

ART. 4. — L'inventaire du matériel et des instruments laissés à la disposition de la Société, en vertu de l'article 6 de la Convention, sera soumis chaque année à l'examen de la Commission chargée de la vérification des comptes des Ministères.

ART. 5. — Le Ministre du Commerce et de l'Industrie est chargé de l'exécution du présent Décret.

Fait à Paris, le 15 mars 1892.

CARNOT.

Par le Président de la République :

Le Ministre du Commerce et de l'Industrie,

JULES ROCHE.

CONVENTION.

Entre le Directeur général des Postes et des Télégraphes, agissant au nom de l'État, sous réserve de l'approbation du Ministre du Commerce, de l'Industrie et des Colonies, d'une part ;

Et le Président de la Société internationale des Électriciens, agissant au nom de cette Société, reconnue d'utilité publique par Décret du 7 décembre 1886, sous réserve de l'approbation du Comité d'Administration, d'autre part ;

Il a été convenu ce qui suit :

ARTICLE 1^{er}.

L'État accepte l'offre faite par la Société internationale des Électriciens d'organiser et d'entretenir le Laboratoire central d'Électricité qui a été institué à Paris, sous la haute direction du Ministre chargé du Service des Postes et des Télégraphes, par décret du 24 février 1882.

La Société se conformera pour l'organisation et l'entretien de cet établissement aux dispositions ci-après :

ARTICLE 2.

Règlement et tarifs. — Le règlement du Laboratoire et toutes les modifications qui y seraient apportées seront soumis avant exécution à l'approbation du Ministre.

Le tarif applicable aux services rendus au public ou aux essais faits pour le compte des industriels est le même pour tous sans distinction ni préférence. Toutefois des réductions peuvent être consenties en faveur des divers services publics ou municipaux et des établissements ou institutions scientifiques, reconnus d'utilité publique.

Le mode de contrôle des opérations du Laboratoire est fixé par arrêté ministériel, le Comité d'Administration de la Société entendu.

ARTICLE 3.

Local et installation. — Le local affecté à l'établissement du Laboratoire est, par les soins et aux frais de la Société internationale des Électriciens, fourni ou loué, aménagé et pourvu de tous instruments nécessaires pour le fonctionnement du service.

En cas de déplacement du Laboratoire, le nouveau local choisi par la Société doit être agréé par le Ministre.

ARTICLE 4.

Désignation du chef du Laboratoire. — Le chef du Laboratoire est choisi par le Ministre pour une période de cinq ans, après entente avec la

Société internationale des Électriciens. Il doit être de nationalité française.

ARTICLE 5.

Subvention. — L'État concède à la Société, à titre de subvention et pour être exclusivement affectés au fonctionnement et à l'entretien du Laboratoire central d'Électricité, les arrérages, montant annuellement à dix mille neuf cent trente-trois francs, de l'inscription de rente 3 pour 100 acquise le 30 septembre 1886, en vertu du décret du 17 août précédent, avec le reliquat du capital provenant de l'Exposition internationale d'Électricité de 1881 et cédé par la Société de garantie.

Cette subvention sera versée directement par la Caisse des Dépôts et Consignations, par trimestre échu, à la Société internationale des Électriciens, sur le vu d'un certificat du Directeur général ou de son représentant, constatant qu'elle a rempli ses engagements concernant le fonctionnement et l'entretien du Laboratoire.

ARTICLE 6.

Cession d'instruments. — La Société conserve, pour le service du Laboratoire, l'usage des objets de toute nature (mobilier, instruments, etc.), dont dispose déjà cet établissement, soit qu'ils lui aient été confiés par l'Administration à titre de prêt, soit qu'ils aient été achetés avec la somme de trente mille francs que le décret du 12 juillet 1886 a autorisé à prélever sur les bénéfices de l'Exposition de 1881, ou avec les crédits inscrits au budget de la Direction générale des Postes et des Télégraphes.

Un inventaire de ces objets sera régulièrement établi par le chef du Laboratoire, de concert avec un agent de l'Administration des Postes et des Télégraphes. Il sera révisé annuellement et soumis chaque année à l'examen de la Commission chargée de la vérification des comptes des Ministres.

ARTICLE 7.

Produits du Laboratoire. — Les taxes perçues et tous les produits des opérations du Laboratoire restent acquis à la Société internationale des Électriciens, pour être consacrés à l'entretien, au développement et à l'amélioration de l'Établissement.

ARTICLE 8.

Paiement des dépenses. — En échange des avantages que lui assurent les articles précédents, la Société internationale des Électriciens s'engage à pourvoir directement à toutes les dépenses (administration, personnel et entretien) du Laboratoire.

Dans le cas où le chef du Laboratoire serait un agent de l'Administration, son traitement serait prélevé, jusqu'à concurrence de quatre mille francs au plus, sur la subvention mentionnée à l'article 5.

ARTICLE 9.

Budget et dispositions particulières. — Le budget du Laboratoire est soumis chaque année au Directeur général des Postes et des Télégraphes avant l'ouverture de l'exercice financier.

Un compte rendu des recettes et des dépenses et un relevé statistique des opérations du Laboratoire sont présentés au mois d'avril de chaque année pour l'année précédente.

Les publications ou rapports imprimés concernant le Laboratoire sont remis gratuitement en deux exemplaires à la Direction générale des Postes et des Télégraphes.

Le Directeur général a la faculté, à toute époque, lorsqu'il le juge convenable, de détacher au Laboratoire, pour compléter leur instruction ou faire des essais, des ingénieurs ou des élèves de ce service qui peuvent suivre les opérations du Laboratoire ou y prendre part sans avoir à payer aucune rétribution.

ARTICLE 10.

Déplacement éventuel du Laboratoire. — Dans le cas où la Société internationale des Électriciens obtiendrait de la Ville de Paris ou de tout autre la concession, pour une durée suffisante, d'un terrain ou d'un local propre à l'établissement du Laboratoire central d'Électricité et agréé par le Ministre, une partie de la rente sur l'État mentionnée à l'art. 5 pourrait être, avec l'autorisation du Ministre, aliénée jusqu'à concurrence d'un capital de cent mille francs, et ce capital pourrait être employé, soit en totalité, soit par fractions et successivement, au fur et à mesure des besoins, avec l'autorisation du Ministre, à la réinstallation du Laboratoire et au paiement des constructions à élever ou des travaux d'appropriation à exécuter sur le terrain ou dans le local cédé. La subvention annuelle serait alors réduite d'une somme équivalente au montant de la rente aliénée.

ARTICLE 11.

Cas de résiliation. — Si la Société internationale des Électriciens venait à se dissoudre ou si elle renonçait à la présente Convention, ou encore si elle cessait d'en remplir les conditions, elle serait tenue de rembourser à l'État les sommes qu'elle aurait été autorisée, par application de l'art. 10, à prélever en capital sur le produit net de l'Exposition, déduction faite de 5 pour 100 pour chacune des années écoulées à dater du paiement effectif des différentes parties du capital.

Dans les cas prévus au précédent paragraphe, la présente Convention serait résiliée de plein droit, la subvention cesserait d'être payée et l'État reprendrait le matériel et les instruments dont il a été question à l'art. 6 et tous ceux qui auraient été achetés postérieurement avec ses propres ressources.

ARTICLE 12.

La présente Convention ne sera valable et définitive que lorsqu'elle aura été approuvée par décret du Président de la République.

Fait double à Paris, le 18 novembre 1891.

*Le Directeur général
des Postes et des Télégraphes,*

J. DE SELVES.

*Le Président de la Société internationale
des Électriciens,*

J. JOUBERT.

Approuvé :

Paris, le 15 mars 1892.

Le Ministre du Commerce et de l'Industrie,

J. ROCHE.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

DÉCRET.

Le Président de la République Française,

Vu la Convention passée le 18 novembre 1891 avec la Société internationale des Électriciens pour l'organisation et l'entretien, à Paris, d'un Laboratoire central d'Électricité;

Vu le Décret du 15 mars 1892 approuvant ladite convention;

Vu la Loi de Finances du 31 décembre 1907 (Article 33), appliquant aux produits des legs et donations attribués à l'État ou aux Administrations qui en dépendent, les stipulations de l'article 13 de la loi du 13 juin 1843 et de l'article 52 du décret du 31 mai 1862;

Vu l'avenant à la Convention du 18 novembre 1891 passé avec la Société internationale des Électriciens le 13 décembre 1908;

Sur la proposition du Ministre des Travaux Publics, des Postes et des Télégraphes,

DÉCRÈTE :

ART. 1^{er}. — L'article 2 du Décret du 15 mars 1892 susvisé est modifié ainsi qu'il suit :

« Les arrérages, montant annuellement à sept mille neuf cent trois francs, de l'inscription de rente 3 pour 100, inscrite au bénéfice du Laboratoire central d'Électricité, en vertu du Décret du 17 août 1886 et qui a été aliénée jusqu'à concurrence d'un capital de 100000^{fr}, suivant autorisation résultant d'une décision ministérielle du 8 mars 1892 et par application de l'article 3 du Décret du 15 mars 1892, seront rattachés par Décrets au budget du Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,

ordonnancés par ce Ministère au profit de la Société internationale des Électriciens, lorsqu'elle en fera la demande, et versés entre ses mains par la Caisse centrale du Trésor.

Art. 2. — Est approuvé l'avenant passé avec la Société internationale des Électriciens le 13 décembre 1908, modifiant, conformément aux dispositions qui précèdent, l'article 5 et supprimant l'article 10 de la Convention conclue avec ladite Société le 18 novembre 1891.

Art. 3. — L'article 3 du Décret du 15 mars 1892 est supprimé.

Fait à Paris, le 14 janvier 1909.

A. FALLIÈRES.

Par le Président de la République :

*Le Ministre des Travaux publics,
des Postes et des Télégraphes.*

LOUIS BARTHOU.

CONVENTION.

Entre le Sous-Secrétaire d'État des Postes et des Télégraphes, agissant au nom de l'État, sous réserve de l'approbation du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, d'une part;

Et le Président de la Société internationale des Électriciens, agissant au nom de cette Société, reconnue d'utilité publique par Décret du 7 décembre 1886, sous réserve de l'approbation du Conseil d'Administration, d'autre part;

Il a été convenu ce qui suit :

1^o L'article 5 de la Convention passée entre l'État et la Société internationale des Électriciens, le 18 novembre 1891, est modifié ainsi qu'il suit :

ARTICLE 5.

» *Subvention.* — L'État concède à la Société, à titre de subvention et pour être exclusivement affectés au fonctionnement et à l'entretien du Laboratoire central d'Électricité, les arrérages, montant annuellement à *sept mille neuf cent trois francs*, de l'inscription de rente 3 pour 100, acquise le 30 septembre 1886, en vertu du Décret du 17 août précédent et qui a été aliénée jusqu'à concurrence d'un capital de 100000^{fr}, suivant autorisation résultant d'une décision ministérielle du 8 mars 1893, par application de l'ancien article 10 de la présente Convention.

» Le montant de ces arrérages, rattaché par Décrets au budget du Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, en vertu de l'article 33 de la Loi des Finances du 31 décembre 1907, sera ordonnancé

par cette Administration au profit de la Société internationale des Électriciens lorsqu'elle en fera la demande et versé entre ses mains par la Caisse centrale du Trésor. »

2° L'article 10 de ladite Convention est supprimé.

Fait double à Paris, le 13 décembre 1908.

<i>Le Sous-Secrétaire d'État,</i>	<i>Le Président de la Société internationale</i>
	<i>des Électriciens,</i>
SYMIAN.	P. BOUCHEROT.

Approuvé :

Paris, le 9 janvier 1909.

Le Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes,
LOUIS BARTHOU

II. — RÈGLEMENT DE CONTROLE.

Arrêté ministériel du 12 mai 1893.

ARTICLE 1^{er}.

Le contrôle des opérations du Laboratoire est effectué par les fonctionnaires désignés par le Directeur général des Postes et des Télégraphes. Il s'exerce sur place et au siège de la Société internationale des Électriciens, sur le vu des registres et pièces de recettes et de dépenses.

ARTICLE 2.

Les livres-journaux et les relevés mensuels sont arrêtés par semestre. Il en est fait un extrait qui est remis à l'Administration des Postes et des Télégraphes ou à son délégué.

ARTICLE 3.

Les délégués de l'Administration ont pour mission de donner leur avis sur le budget et les projets soumis à l'approbation du Ministre et du Directeur général des Postes et des Télégraphes, de veiller à la stricte application des tarifs et des décisions concernant les dépenses, de s'assurer que tous les produits du Laboratoire sont affectés à l'entretien et à l'amélioration des services de l'établissement, et que toutes les prescriptions de la Convention conclue entre le Ministre du Commerce et de l'Industrie et la Société internationale des Électriciens et du Règlement intérieur du Laboratoire sont observées.

En cas d'infraction, ils en rendent compte au Directeur général des Postes et des Télégraphes.

Ils peuvent en tous temps vérifier la régularité des recettes et des dépenses, et

pénétrer dans le Laboratoire, pour examiner la nature des travaux exécutés ou en cours d'exécution.

Ils peuvent provoquer, dans le Règlement intérieur et dans la comptabilité, les modifications et additions qu'ils auraient reconnues nécessaires.

Ces fonctionnaires ne communiquent qu'avec la Commission administrative ou le Directeur et n'ont aucune autorité sur le personnel du Laboratoire.

Ils adressent leurs Rapports au Directeur général des Postes et des Télégraphes et établissent trimestriellement les certificats exigés pour les paiements de la subvention de l'État.

III. — RÈGLEMENT INTÉRIEUR.

Administration.

ART. 1^{er}. — Le Laboratoire central d'électricité est administré par une Commission composée du Bureau de la Société internationale des Électriciens, des anciens présidents de cette Société, du Président du Syndicat des industries électriques et d'un délégué du Conseil municipal de la Ville de Paris.

La Commission administrative nomme chaque année, à la première séance annuelle, un Président pris dans son sein et un Secrétaire pris parmi les Membres de la Société.

Ses séances sont présidées par le Président de la Société, lorsqu'il est présent.

La Commission est convoquée par son Président qui dresse l'ordre du jour et agit, soit de sa propre initiative, soit sur l'invitation du Président de la Société.

Les procès-verbaux des séances sont copiés sur un registre et signés par le Président et le Secrétaire.

Direction.

ART. 2. — Le Directeur a sous ses ordres tout le personnel attaché au Laboratoire. Il exécute sous sa responsabilité toutes les décisions prises par la Commission administrative.

Il présente, à chaque réunion de la Commission, un rapport sur les travaux effectués depuis la séance précédente et sur l'état des expériences, essais et recherches en cours d'exécution.

Chaque année, dans le courant de novembre, il soumet à la Commission le résultat des opérations de l'exercice en cours et un projet de budget pour l'exercice suivant.

Personnel.

ART. 3. — Les chefs de travaux, préparateurs et agents, sont nommés par la Commission sur la proposition du Directeur.

La Commission fixe les indemnités ou traitements alloués à chacun d'eux et détermine leurs attributions.

Comptabilité.

ART. 4. — La comptabilité est tenue au Siège social, sur les pièces de journal et de caisse fournies par le Directeur.

Les livres employés doivent permettre de se rendre facilement compte si toutes les sommes affectées au service du Laboratoire reçoivent bien leurs destinations.

Le Directeur ne peut engager aucune dépense supérieure à 200^{fr} sans l'autorisation de la Commission.

Le paiement des dépenses du Laboratoire est fait à la Caisse de la Société sur le vu d'un mémoire certifié par le fournisseur, visé par le Directeur et signé par le Président de la Commission. Les menues dépenses sont payées par le Directeur et réglées tous les mois à la Caisse de la Société.

Les recettes de toutes natures du Laboratoire sont versées à la Caisse de la Société tous les mois, dans les cinq premiers jours et, dans tous les cas, dès que le total des sommes perçues atteint 1000^{fr}. Le versement est appuyé d'un relevé de recettes, jour par jour

Ouverture et fermeture du Laboratoire.

ART. 5. — Le Laboratoire est ouvert tous les jours de 9^h du matin à 6^h du soir. Il est fermé les dimanches et jours fériés.

Bibliothèque.

ART. 6. — Les Ouvrages composant la bibliothèque du Laboratoire peuvent être consultés, sur place, par les Membres de la Société internationale des Électriciens et par les personnes ayant reçu une autorisation spéciale du Président de la Commission administrative.

Ces Ouvrages, placés sous la haute surveillance du Directeur, ne pourront, en aucun cas, sortir du Laboratoire.

Redevances.

ART. 7. — Les travaux effectués au Laboratoire pour le compte des tiers, ou par des tiers, donnent lieu à des redevances déterminées.

Le tarif de ces redevances sera arrêté par la Commission, affiché à l'entrée du Laboratoire et publié dans le Bulletin de la Société.

Le montant des taxes, applicable à chaque travail, est exigible d'avance.

Travaux effectués pour le compte des tiers.

ART. 8. — Dès qu'un appareil ou un objet à expérimenter ou à étalonner est apporté au Laboratoire, il est inscrit sur un registre avec numéro d'ordre.

L'essai est fait dans le délai le plus court possible; ses résultats sont attestés par un certificat portant le timbre à dates du Laboratoire et signé par le Directeur. Il est conservé une copie du certificat sur un registre spécial.

Dans le cas où un travail spécial non prévu au tarif serait demandé, le Directeur ferait savoir à l'intéressé si le travail est possible et ce qu'il coûterait approximativement. Le dit travail serait alors effectué *après versement de la somme indiquée* et le règlement définitif n'aurait lieu qu'après exécution.

Aucune communication verbale ou écrite des résultats d'un essai ou d'une expérience ne peut être faite à d'autres personnes que l'intéressé, à moins d'autorisation écrite de sa part.

En aucun cas, le Laboratoire n'est responsable des accidents qui pourraient survenir, dans le cours des expériences, aux appareils qui lui ont été confiés.

Travaux effectués par des tiers.

ART. 9. — Pour être admis à effectuer des travaux au Laboratoire il faut en adresser la demande au Directeur, avec une note détaillée sur le résultat cherché, les moyens à employer pour l'obtenir, les appareils nécessaires et la durée probable de ces travaux.

Le Directeur transmet la demande au Président de la Commission qui statue, sans avoir à motiver sa décision.

Si les travaux sont autorisés, le Président fixe la durée maximum du séjour du titulaire de la demande au Laboratoire et la redevance qu'il doit payer.

Le titulaire doit s'engager à rembourser tous les frais que nécessiteront ses expériences et *il peut être tenu de verser, à titre de garantie, une provision déterminée.*

A l'expiration du délai qui lui aura été fixé, si le titulaire demande une prolongation, il doit justifier des résultats obtenus et de l'utilité de continuer ses recherches. Le Président de la Commission, sur un rapport du Directeur, statue sur cette nouvelle demande.

Si les recherches faites par les tiers nécessitaient l'acquisition ou l'appropriation de certains outils ou appareils, la Commission peut autoriser le Directeur à payer une partie des frais, à la condition que le matériel acquis reste la propriété du Laboratoire.

Conférences et recherches.

ART. 10. — La Commission administrative peut autoriser ou provoquer des conférences, des expériences ou des recherches au Laboratoire, sur certaines questions intéressant l'électricité.

Dans ce cas, le Directeur prépare le devis des dépenses à prévoir et les conférences ou expériences ou recherches ne sont faites qu'après ouverture de crédit par la Commission.

Élèves.

ART. 11. — Le nombre des élèves à admettre au Laboratoire est fixé par la Commission administrative.

Les candidats doivent adresser une demande au Directeur, en indiquant leur nationalité, en énumérant les titres et diplômes qu'ils possèdent. Leur admission est prononcée par le Président de la Commission, sur l'avis du Directeur.

Les élèves admis doivent payer une redevance mensuelle de 40^{fr} payable d'avance.

La Commission du Laboratoire se réserve la faculté d'accorder dans certains cas motivés une réduction de moitié sur la redevance annuelle des élèves.

Leur présence au Laboratoire doit être d'au moins six heures par jour. Ils doivent se soumettre aux ordres du Directeur, ou, en son absence, à ceux des chefs de travaux qui le remplacent.

Ils sont responsables du matériel qui leur est confié.

Les absences non autorisées ou non justifiées et les infractions au règlement donneraient lieu à un premier avertissement.

Pour inexactitude répétée ou pour faute grave, le Directeur peut interdire provisoi-

rement l'entrée du Laboratoire à un élève, sauf à en référer au Président de la Commission qui aurait à se prononcer sur l'exclusion définitive.

Les élèves qui, pendant un séjour d'un an au moins, auront fait preuve d'assiduité et de connaissances pratiques suffisantes dans le maniement des appareils de mesure recevront un diplôme signé par le Président de la Commission administrative et le Directeur du Laboratoire.

IV. — COMMISSION ADMINISTRATIVE.

Président.

BOUTY (E.), Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

Secrétaire.

SARTIAUX (EUG.), Ingénieur Chef des Services électriques aux *Chemins de fer du Nord*.

Membres.

Les Membres du Bureau de la *Société internationale des Electriciens*.

Les anciens Présidents de la *Société internationale des Electriciens*.

ZETTER, Président du *Syndicat professionnel des Industries électriques*.

D^r GUIBERT, Délégué du Conseil municipal de la Ville de Paris.

V. — PERSONNEL.

Directeur du Laboratoire.

1905-1910. JANET (PAUL), Professeur à l'Université de Paris.

Chef de Travaux faisant fonction de Sous-Directeur.

LAPORTE (FRÉDÉRIC), ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur civil des Mines.

Chefs des Travaux.

DURAND (ALBERT), Licencié ès Sciences physiques, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

DAVID (CHARLES), Ingénieur civil, Diplômé de l'Institut industriel du Nord de la France.

JOUAUST (Raymond), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

TARIF DES ESSAIS ET ÉTALONNEMENTS ⁽¹⁾.

Le Laboratoire central d'Electricité se charge de l'étude de tous les appareils électriques, des épreuves de réception de machines et de la vérification d'installations aux conditions suivantes :

I. — Essais donnant lieu à un certificat

PREMIÈRE CATÉGORIE. — *Étalonnements d'appareils industriels de mesure.*

		Fr
Ampèremètres.	Courant continu	de 0 à 100 ampères..... 5
		de 100 à 500 — 10
		de 500 à 1000 — 20
		de 1000 à 2000 — 30
	Courants alternatifs	de 0 à 100 ampères (42 ).... 10
		de 100 à 500 — — 15
		de 500 à 1000 — — 25
		de 1000 à 2000 — — 35

Pour les étalonnements à des fréquences différentes de 42 les prix précédents seront majorés de cinq francs.

Voltmètres ou électromètres.	Courant continu	de 0 à 150 volts..... 5
		de 150 à 600 — 10
		de 600 à 1000 — 20
	Courants alternatifs	de 0 à 150 volts..... 10
		de 150 à 500 — 15
		de 500 à 1000 — 25
		de 1000 à 10000 — 40
		au-dessus de 10000..... 60
Compteurs et wattmètres.	Courant continu, 2 fils,	de 0 à 100 ampères et de 0 à 250 volts..... 20
		de 100 à 1000 ampères et de 0 à 250 volts..... 30
		de 0 à 100 ampères et de 250 à 1000 volts..... 30
		de 100 à 1000 ampères et de 250 à 1000 volts..... 40
		Étude de la marche d'un compteur pendant une heure..... 40
		3 fils. Les prix précédents sont majorés de moitié.
	5 fils.	Les prix précédents sont doublés.

(¹) Le présent tarif (1901) annule les précédents.

		Fr
Compteurs wattmètres (suite).	Courants alter- natifs (42 S)	de 0 à 100 ampères et de 0 à 250 volts..... 30
		de 0 à 100 ampères et de 250 à 1000 volts..... 40
		de 100 à 1000 ampères et de 0 à 1000 volts 50
		Pour les étalonnements à des fréquences différentes de 42 les prix précédents seront majorés de 5 fr.
	Courants alter- natifs biphasés ou triphasés.	Les prix des étalonnements sont dou- blés.
Ohmmètres.	Jusqu'à un mégohm.....	15
	Par sensibilité en plus.....	5
Condensateurs.	Condensateur industriel (capacité).....	10

DEUXIÈME CATÉGORIE. — *Essais d'appareils industriels.*

Machines géné- ratrices et moteurs.	Courant continu.	Détermination du rendement par la mé- thode des pertes séparées :	
		de 0 à 5 kilowatts.....	30
		de 5 à 10 —	35
		de 10 à 15 —	40
		Essai au frein :	
		jusqu'à 1 kilowatt.....	25
Transformateurs.	Courants alter- natifs.	de 1 à 5 kilowatts.....	35
		Essai en charge comprenant la mesure des échauffements et des isolements des diverses parties de la machine au bout d'un temps donné (énergie non comprise).....	15
	Mesure de la puis- sance absorbée à vide :	Prix à fixer suivant le programme des essais.	
		jusqu'à 10 kilowatts.....	25
		de 10 à 100 kilowatts.....	5
Transformateurs.	Essais divers (ren- dement, chute de tension, etc.).	Prix à fixer suivant le programme des essais.	

		Fr
Piles.	{ Essai d'une pile fermée continuellement sur une résistance fixe.....	30
Accumulateurs.	{ Chaque charge mesurée, énergie non comprise.....	10
	{ Chaque décharge mesurée.....	10
	{ Chaque charge ou chaque décharge non mesurée, énergie non comprise.....	5
Lampes à incandescence jusqu'à 220 volts).	{ Puissance dépensée et intensité lumineuse dans une direction donnée et pour une différence de potentiel donnée, pour une lampe.....	5
	{ Pour 2 à 5 lampes de même tension.....	10
	{ Détermination de la différence de potentiel correspondant à une intensité lumineuse donnée, par lampe.....	5
	{ Variation de l'intensité lumineuse avec la tension.....	10
	{ Courbe de répartition lumineuse dans un plan	20
	{ Essai de durée. { 1 ^{er} Courant fourni par le Secteur de la Rive gauche : 1,50 fr par kilowatt-heure (alternatif 42 5).	
	{ 2 ^{er} Courant fourni par des accumulateurs : 2 fr par kilowatt-heure.	
	{ Il est demandé pour chaque série d'essais une lampe supplémentaire qui est gardée par le Laboratoire.	
	{ Puissance dépensée et intensité lumineuse dans une direction donnée.....	20
	{ Courbe de répartition lumineuse dans un plan vertical....	50
Lampes à arc.	{ Détermination du flux lumineux (ou de l'intensité moyenne sphérique) au moyen du lumenmètre pour un arc nu et un régime déterminé.....	20
	{ Par régime supplémentaire	5
	{ Enregistrement, pendant une heure, sur un même graphique, de l'intensité du courant et de la différence de potentiel aux bornes d'une, deux ou trois lampes en série.	25
	{	
Brûleurs à gaz et sources lumineuses diverses.	{ Consommation par heure et intensité lumineuse dans une direction donnée.....	20
	{ Étalonnement à une intensité lumineuse donnée.....	30
	{ Courbe de répartition lumineuse dans un plan.....	50
Éclairément.	{ Mesure de l'éclairément en un point quelconque.....	15
	{ Par point supplémentaire.....	5
Paratonnerres.	{ Vérification d'un paratonnerre, par prise de terre	20
	{ Mesure de la résistance du réseau, par mesure.....	
	{ Frais de déplacement non compris.	

TROISIÈME CATÉGORIE. — *Essais de matériaux.*

		Fr
Conducteurs.	Résistivité à la température ordinaire.....	20
	Résistivité à la température ordinaire et coefficient de variation avec la température.....	35
	Résistance d'un conducteur ou d'une bobine de plus d'un ohm à la température ordinaire.....	5
	Résistance d'un conducteur de moins d'un ohm à la température ordinaire.....	10
	Essais mécaniques d'un fil (charge de rupture, allongement, torsion, pliage)	10
Isolants.	Détermination de la résistivité d'un isolant, forme déterminée par le Laboratoire	25
	Résistance d'isolement d'un isolateur	20
	Essai de percement d'un isolant ou d'un isolateur à haute tension, jusqu'à 10000 volts.....	20
	Au-dessus de 10000 volts, par 10000 volts.....	10
	Essais précédents faits sur plusieurs isolateurs réunis en parallèle; les prix sont majorés d'une somme fixe de 1 fr par isolateur monté sur sa ferrure et de 2 fr par isolateur non monté sur sa ferrure.	
Câbles.	Détermination de la résistance d'isolement à la température ordinaire.....	20
	Essai d'un câble maintenu pendant vingt-quatre heures dans l'eau à 24°.....	50
Isolement des installations.	Une seule mesure d'isolement.....	10
	Par mesure supplémentaire.....	5
	Frais de déplacement non compris.	
Charbons.	Détermination de la résistance d'un charbon pour arc.....	5
	Flux lumineux produit par une paire de charbons à un régime déterminé, mesuré au lumenmètre.....	20
	Usure par heure d'une paire de charbons à un régime déterminé, énergie non comprise.....	5
Fers et tôles.	Perméabilité d'un échantillon de fer pour une force magnétisante donnée.....	25
	Étude du cycle d'aimantation entre deux valeurs données de la force magnétisante	50
	Essais de tôles à l'hystérésimètre.....	10
	Pour tous ces essais, les échantillons doivent avoir les dimensions fixées par le Laboratoire.	

QUATRIÈME CATÉGORIE. — *Mesures de précision.*

Résistances.	Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près d'une bobine de résistance de plus de $\frac{1}{10}$ d'ohm à la température ordinaire.....	10
	Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près d'une caisse de résistance, suivant le nombre des bobines; à partir de.....	25
	Étalonnement à $\frac{1}{10000}$ près d'un étalon de résistance à la température ordinaire.....	50
	Étalonnement à $\frac{1}{10000}$ près d'un étalon de résistance à zéro et coefficient de variation avec la température.....	100
	Résistance d'une barre métallique de moins de $\frac{1}{100}$ d'ohm et coefficient de variation avec la température.....	50
	Résistance à 0° d'un fil métallique de plus de $\frac{1}{100}$ d'ohm et coefficient de variation avec la température.....	25
Force électromotrice.	Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près de la force électromotrice d'un étalon de force électromotrice à la température ordinaire.	10
	Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près de la force électromotrice d'un étalon de force électromotrice et coefficient de variation avec la température.....	100
	Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près d'un voltmètre de précision à la température ordinaire.....	30
Intensité.	Étalonnement à $\frac{1}{1000}$ près d'un ampèremètre de précision.	30
Capacité.	Capacité d'un condensateur de précision.....	25
	— subdivisé.....	50
Induction.	Coefficient de self-induction d'une bobine sans fer; à partir de.....	10

Réduction de prix applicable au tarif des essais des quatre premières catégories.

Pour 5 essais identiques, réduction..	20 pour 100
— 10	30 —
— 25	40 —
— 50	50 —

CINQUIÈME CATÉGORIE. — *Travaux ou essais non prévus au tarif.*

Pour les travaux ou essais non prévus au tarif ci-dessus, tels que vérification d'installations, épreuves de réception de matériel électrique dans les ateliers de construction, essais sur place, etc., le prix sera établi de gré à gré, d'après le temps et les dépenses nécessaires.

Essais faits en dehors du Laboratoire.

Le tarif ci-dessus reste applicable, les prix sont majorés :

1° D'une indemnité pour le Laboratoire de 25 fr par jour et par ingénieur, ou de 15 fr par demi-journée ;

2° Des frais de déplacement et de séjour.

Par exception, les étalonnements de compteurs, dans Paris, sont dispensés de l'indemnité prévue ci-dessus, mais non des frais de déplacement.

II. — Travaux ne donnant pas lieu à un certificat.

Essais faits au Laboratoire par l'intéressé lui-même sans le concours du personnel du Laboratoire

	Fr.
La journée de huit heures.....	15
La demi-journée de quatre heures.....	10
La semaine.....	50
Le mois.....	150

Les fournitures avancées par le Laboratoire sont facturées en sus au prix de revient. L'énergie électrique est comptée à raison de 1,50 fr par kilowattheure.

Le concours du personnel du Laboratoire pourra être obtenu, si les circonstances le permettent, dans les conditions suivantes :

25 fr par journée pour un agent du personnel technique.
10 fr — — — — — auxiliaire.

TARIF ADDITIONNEL.

1° VÉRIFICATION DES COMPTEURS ÉLECTRIQUES A COURANT CONTINU OU ALTERNATIF MONOPHASÉ A BASSE TENSION, INSTALLÉS SUR LES SECTEURS DE PARIS.

Calibre du compteur.	Deux fils.	Trois fils.	Cinq fils.
0- 10 ampères.....	10 fr	15 fr	20 fr
0- 30 —	15 —	20 —	30 —
0- 100 —	20 —	30 —	40 —
0-1000 —	30 —	45 —	60 —
Remise pour une deuxième vérification dans l'année.....	20 pour 100		
— — — troisième — — —	30 —		

Les frais de déplacement (4 fr au maximum), nécessités pour le transport des appareils et des ingénieurs, sont ajoutés aux prix ci-dessus.

2° VÉRIFICATION DANS PARIS DE L'ISOLEMENT DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES.

Calibre du compteur.	Deux fils.	Trois fils.	Cinq fils.
0- 10 ampères.....	15 fr	20 fr	30 fr
0- 30 —	20 —	30 —	40 —
0- 50 —	25 —	35 —	50 —
0- 100 —	30 —	45 —	60 —
0- 200 —	40 —	60 —	80 —
0- 400 —	55 —	85 —	110 —
0- 600 —	75 —	110 —	150 —
0- 800 —	100 —	150 —	200 —
0-1000 —	125 —	185 —	250 —

Remise pour une deuxième vérification dans l'année..... 20 pour 100
 — — troisième — — 30 —

Les prix ci-dessus ne comprennent pas les frais de déplacement.

Nota. — Les mesures d'isolement s'arrêtent au dernier interrupteur bipolaire.

3° VÉRIFICATION ANNUELLE D'UN COMPTEUR ET DES ISOLEMENTS.

Calibre du compteur.	Deux fils.	Trois fils.	Cinq fils.
0- 10 ampères.....	20 fr	»	»
0- 30 —	25 —	40 fr	»
0- 50 —	30 —	50 —	60 fr
0- 100 —	40 —	60 —	80 —
0- 200 —	55 —	85 —	110 —
0- 400 —	70 —	105 —	140 —
0- 600 —	90 —	130 —	180 —
0- 800 —	115 —	175 —	225 —
0-1000 —	140 —	200 —	275 —

Remise pour une deuxième vérification dans l'année..... 20 pour 100
 — — troisième — — 30 —

Les prix ci-dessus ne comprennent pas les frais de déplacement.

Si l'installation comporte plusieurs compteurs, les prix sont établis de gré à gré.

**4° LAMPES A INCANDESCENCE (TARIF APPLICABLE SEULEMENT AUX ABONNÉS
DU PARAGRAPHE PRÉCÉDENT; ESSAIS FAITS AU LABORATOIRE).**

Intensité lumineuse et consommation.

De 1 à 5 lampes	5 fr
Au-dessus	1 fr par lampe

Le montant des essais est exigible d'avance.



ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ.

I. — RÈGLEMENT ADMINISTRATIF ⁽¹⁾.

ART. 1^{er}. — Le budget de l'École supérieure d'Électricité est alimenté :

- 1^o Par les souscriptions recueillies pour l'entretien de l'École;
- 2^o Par les rétributions des élèves et auditeurs libres.

ART. 2. — L'École est administrée par une Commission administrative qui comprend :

- 1^o Le Président de la Société internationale des Électriciens;
- 2^o Le Président de la Commission administrative du Laboratoire, Président;
- 3^o Le Président désigné pour l'exercice suivant, le Trésorier et le Secrétaire général de la Société;
- 4^o Le Secrétaire de la Commission administrative du Laboratoire;
- 5^o Trois membres de la Société, élus pour trois ans par le Comité d'administration de la Société internationale des Électriciens;
- 6^o Le Directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures;
- 7^o Les Membres fondateurs ⁽²⁾;
- 8^o Le Directeur de l'École.

ART. 3. — La Commission administrative se réunit sur la convocation de son Président aussi souvent qu'il est nécessaire, et au moins trois fois par an.

Elle prépare le budget et le fait approuver par le Comité d'administration de la Société;

Elle ouvre, dans les limites du budget, les crédits nécessaires au fonctionnement de l'École;

Elle se prononce sur toutes les questions relatives à la nomination et au traitement des Professeurs, des Conférenciers titulaires et du personnel;

Elle peut ouvrir des crédits extraordinaires dans la limite des ressources disponibles, sauf ratification par le Comité d'administration de la Société;

⁽¹⁾ Ce Règlement a été approuvé par le Comité d'administration dans sa séance du 24 février 1909.

⁽²⁾ Sont considérés comme Membres fondateurs les Administrations, Sociétés ou particuliers, qui contribueront à l'entretien et au développement de l'École par une souscription annuelle de 1000^{fr} ou par une donation de 10000^{fr}.

Ces Administrations ou Sociétés sont représentées à la Commission administrative par un délégué.

La Commission administrative peut désigner des Membres fondateurs honoraires.

Elle désigne les Jurys d'examen et fixe le nombre des élèves à recevoir chaque année;

Elle jouit enfin des pouvoirs administratifs les plus étendus.

ART. 4. — Il est institué un Conseil de perfectionnement de l'École qui comprend :

1° Les Membres de la Commission administrative;

2° Les anciens Présidents de la Société;

3° Le Sous-Directeur de l'École;

4° Les Professeurs et Conférenciers titulaires;

5° Le Président de la Société Amicale des Ingénieurs de l'École supérieure d'Électricité et deux anciens Élèves, désignés par cette Société parmi les Élèves diplômés sortis depuis moins de cinq ans de l'École, et faisant ou non partie de cette Société.

Le Bureau du Conseil de perfectionnement est celui de la Commission administrative.

ART. 5. — Le Conseil de perfectionnement se réunit sur la convocation de son Président au moins deux fois par an.

Il détermine les conditions d'admission, les programmes d'enseignement et de travaux de l'École;

Il fixe les conditions de la collation des diplômes;

Et, en général, il connaît de toutes les questions qui concernent l'enseignement.

II. — COMMISSION ADMINISTRATIVE.

PRÉSIDENT.

MM.

Bouty, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

VICE-PRÉSIDENT.

Buquet, Directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures.

SECRÉTAIRE.

Sartiaux (Eug.), Ingénieur chef des Services électriques au Chemin de fer du Nord.

MEMBRES.

1° *Membres délégués de la Société internationale des Électriciens.*

Bochet, Président de la Société internationale des Électriciens.

Lippmann (G.), Président de la Société internationale des Électriciens pour 1911-1912.

Valbreuze (de), Secrétaire général de la Société internationale des Électriciens.

Violet (L.), Trésorier de la Société internationale des Électriciens.

Hillairet (A.), Ingénieur-constructeur.

Pollard, Directeur du Génie maritime.

2° Membres fondateurs.

MM.

Bonaparte (Prince **Roland**), Membre de l'Institut.

Carpentier (**J.**), Membre de l'Académie des Sciences.

Compagnie continentale Edison.

Compagnie française Thomson-Houston.

Eiffel, Ingénieur.

Harlé et C^{ie}.

Mascart (**Ch.**), ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Menier (**H.**).

Rothschild (baron **Edmond de**).

Société Gramme.

Ville de Paris.

3° Membre fondateur honoraire.

Picou (**R.-V.**), Ingénieur des Arts et Manufactures.

4° Directeur de l'École.

Janet (**P.**), Professeur à l'Université de Paris, Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité.

III. — CONSEIL DE PERFECTIONNEMENT.

PRÉSIDENT.

Bouty, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

VICE-PRÉSIDENT.

Buquet (**P.**), Directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures.

SECRÉTAIRE.

Sartiaux (**Eug.**), Ingénieur chef des Services électriques au Chemin de fer du Nord.

MEMBRES.

1° Membres délégués de la Société internationale des Électriciens.

Bochet, Président de la Société internationale des Électriciens.

Lippmann (**G.**), Président de la Société internationale des Électriciens pour 1911-1912.

Valbreuze (**de**), Secrétaire général de la Société internationale des Électriciens.

Violet (**L.**), Trésorier de la Société internationale des Électriciens.

Hillairet (**A.**), Ingénieur-constructeur.

MM.

Pollard, Directeur du Génie maritime.

2° Membres fondateurs.

Bonaparte (Prince Roland), Membre de l'Institut.

Carpentier (J.), Membre de l'Académie des Sciences.

Compagnie continentale Edison.

Compagnie française Thomson-Houston.

Eiffel, Ingénieur.

Harlé et C^{ie}.

Mascart (Ch.), ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ménier (H.).

Rothschild (baron Edmond de).

Société Gramme.

Ville de Paris.

3° Membre fondateur honoraire.

Picou (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures.

4° Directeur de l'École.

Janet (P.), Professeur à l'Université de Paris, Directeur du Laboratoire central et de l'École supérieure d'Électricité.

5° Anciens Présidents.

Berger (Georges), Membre de l'Institut.

Sebert (Général H.), Membre de l'Institut.

Carpentier (J.), Membre de l'Académie des Sciences.

Raymond (L.), Administrateur des Postes et Télégraphes, en retraite.

Postel-Vinay (A.).

Sciama (G.), Directeur de la *Maison Bréguet*.

Arsonval (Dr A. d'), Membre de l'Institut.

Picou (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures.

Violle (J.), Membre de l'Institut.

Hillairet (A.), Ingénieur-constructeur.

Harlé (E.), Associé-Gérant de la *Maison Harlé et C^{ie}*.

Pollard (J.), Directeur du Génie maritime.

Bouty (E.), Membre de l'Institut.

Leblanc (M.), Ingénieur-conseil.

Boucherot (P.), Ingénieur-conseil.

6° Sous-Directeur de l'École.

Chaumat (H.), Agrégé des Sciences physiques.

7° *Professeurs et Conférenciers titulaires.*

MM.

Belugou, Ingénieur principal des Télégraphes.

Bochet, Ingénieur en chef de la *Maison Harlé et C^{te}*.

Boucherot, Ingénieur-conseil.

Brunswick, Ingénieur en chef de la *Maison Bréguet*.

Courtois, Directeur des constructions électriques à la Société industrielle des Téléphones.

Grosselin, Ingénieur civil des Mines.

Loppé, Ingénieur des Arts et Manufactures.

Mazen, Ingénieur des *Services électriques des Chemins de fer de l'Ouest-État*.

Picou, Ingénieur des Arts et Manufactures.

Sartiaux (Eug.), Ingénieur chef des Services électriques au *Chemin de fer du Nord*.

Tainturier, Directeur de l'*Usine électrique des Moulineaux*.

Touanne (de la), Ingénieur des Télégraphes.

8° *Délégues de la Société Amicale des Ingénieurs de l'École supérieure d'Électricité.*

Cornuault (André), Ingénieur de la Compagnie continentale pour la fabrication des compteurs, Président de la Société.

Picot (P.), Ingénieur électricien.

Pistoye (H. de), Ingénieur de la Société *L'Éclairage électrique*.

IV. — SOUSCRIPTEURS.

Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériels d'usine.

Postel-Vinay.

Société du Creusot.

Société industrielle des Téléphones.

V. — PERSONNEL.

DIRECTEUR.

Janet (P.), Professeur à l'Université de Paris.

SOUS-DIRECTEUR.

Chaumat (H.), Agrégé des Sciences physiques.

CHEF DES TRAVAUX.

Bourguignon, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

PRÉPARATEURS.

Iliovici (Avram-David), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

Roy (Louis-Maurice), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

CHEF D'ATELIER.

Marec (Eugène), ancien Élève des Écoles nationales d'Arts et Métiers, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité.

VI. — ORGANISATION DE L'ENSEIGNEMENT.

ADMISSION.

I. Inscriptions. — Tout candidat désirant obtenir son admission à l'École supérieure d'Électricité doit s'inscrire au Secrétariat de l'École en faisant connaître : 1° ses nom et prénoms; date et lieu de naissance; nationalité; 2° son adresse, ou, s'il est mineur, l'adresse de ses parents; 3° les études faites pendant les cinq dernières années; 4° les diplômes possédés et les titres divers.

Les pièces à présenter sont : 1° l'acte de naissance; 2° l'autorisation des parents dans le cas où le candidat est mineur; 3° la justification des diplômes et des titres.

Le registre d'inscription est ouvert du 1^{er} janvier au 1^{er} octobre de chaque année.

II. Droits d'examens. — Tout candidat au concours d'entrée doit verser, en s'inscrivant, une somme de 20^{fr}. Ce droit est réduit à 8^{fr} pour les licenciés et anciens élèves médaillés des Écoles d'Arts et Métiers devant subir l'examen restreint prévu ci-après; les candidats à l'admission sur titres sont dispensés de tout droit.

III. Concours d'entrée. — L'admission à l'École supérieure d'Électricité, en qualité d'élève régulier, est prononcée à la suite d'un concours d'entrée qui a lieu tous les ans, dans la deuxième quinzaine d'octobre. Toutefois, une session spéciale a lieu dès le 1^{er} octobre : 1° pour les jeunes gens

appelés sous les drapeaux et en justifiant; 2° pour les licenciés ès sciences et les anciens élèves médaillés des Écoles d'Arts et Métiers devant subir l'examen restreint prévu ci-après.

IV. Admissions sur titres. — Peuvent être dispensés du concours d'entrée, dans les limites des places disponibles et sous les conditions indiquées plus loin, les anciens élèves diplômés des Écoles suivantes : Centrale, Mines de Paris et de Saint-Étienne, Ponts et Chaussées, du Génie maritime; les officiers de la Marine de l'État; les anciens élèves français de l'École Polytechnique; les licenciés ès sciences pourvus des deux certificats de Physique générale et de Mécanique rationnelle; les élèves médaillés des Écoles d'Arts et Métiers ayant obtenu aux examens de sortie, pour chacune des deux matières : Mécanique et Physique, une moyenne au moins égale à 14. Toutefois, les élèves médaillés des Écoles d'Arts et Métiers devront subir une épreuve orale sur le calcul différentiel et intégral, et les licenciés ès sciences une épreuve de dessin industriel et une épreuve orale sur la résistance des matériaux, conformément au programme d'admission ⁽¹⁾. Les demandes de dispenses doivent être présentées avant le 1^{er} octobre et accompagnées de pièces officielles justifiant les titres présentés, des notes de classement de sortie pour les élèves des Écoles et, généralement, de tous les renseignements de nature à permettre au Conseil d'apprécier les titres des Candidats. Toutes ces pièces sont examinées par un Jury spécial désigné par la Commission administrative et distinct du Jury du Concours.

V. Élèves étrangers. — Les élèves étrangers, munis de titres suffisants, peuvent être dispensés du concours d'entrée. La valeur des titres présentés est soumise à l'appréciation du Conseil de perfectionnement après examen par le Jury des admissions sur titres; les candidats qui désirent profiter de cette faveur doivent adresser une demande, avec pièces à l'appui, au Directeur de l'École avant le 1^{er} octobre.

VI. Nombre de places disponibles et limite des dispenses. — Le nombre total de places disponibles à l'École est fixé chaque année par la Commission administrative. Le conseil de perfectionnement se prononce sur les demandes d'admission sur titres et fixe le nombre maximum de places réservées au concours. Tout candidat dont la demande d'admission sur titres est rejetée par le Conseil a le droit de se présenter, dans la même session, au concours d'admission; il devra, dans ce cas, verser les droits d'examen prévus au paragraphe II.

(1) Il est instamment recommandé aux candidats dispensés, en tout ou en partie, des épreuves du concours d'admission, de revoir très soigneusement, avant leur entrée à l'École, les différentes matières portées au programme de ce concours; cette révision est indispensable pour suivre avec fruit l'enseignement de l'École.

VII. Liste d'admission supplémentaire. — Si, par suite de démissions ou autrement, un certain nombre de places deviennent disponibles, un Jury supérieur, formé de la réunion du Jury d'admissions sur titres et du Jury du concours, dresse, sans distinction de catégorie, la liste supplémentaire des candidats admis à bénéficier de ces places.

VIII. Programme du concours d'entrée. — Le programme du concours d'entrée est déterminé chaque année par le Conseil de perfectionnement de l'École; il comporte les matières suivantes :

Électricité;
Mathématiques;
Mécanique;
Résistance des matériaux;
Physique générale;
Chimie élémentaire;
Dessin industriel.

Les épreuves écrites, qui sont éliminatoires, consistent en :

- 1° Une composition sur l'Électricité générale (problèmes);
- 2° Un calcul logarithmique;
- 3° Un croquis à main levée.

Les épreuves orales consistent en :

- 1° Une interrogation sur l'Électricité générale;
- 2° Une interrogation sur les Mathématiques;
- 3° Une interrogation sur la Mécanique;
- 4° Une interrogation sur la Résistance des matériaux;
- 5° Une interrogation sur la Physique générale et sur la Chimie élémentaire;
- 6° Un calcul à la règle.

Les coefficients de ces diverses épreuves sont ainsi fixés :

<i>Épreuves écrites.</i>	
Electricité.....	10
Dessin industriel	4
Calcul logarithmique	1
<i>Épreuves orales.</i>	
Électricité.....	4
Mathématiques.....	3
Mécanique.....	3
Résistance des matériaux.....	2
Physique et Chimie.....	2
Calcul à la règle	1
Total.....	30

DURÉE DES ÉTUDES.

Les cours et exercices pratiques commencent le 1^{er} novembre et se terminent le 1^{er} août de chaque année.

NATURE DE L'ENSEIGNEMENT.

L'enseignement donné à l'École supérieure d'Électricité est en partie oral, en partie pratique.

I. *Enseignement oral.* — L'enseignement oral comprend :

- 1^o Un cours sur l'Électrotechnique générale;
- 2^o Un cours sur les mesures électriques;
- 3^o Une série de conférences sur des sujets spéciaux.

II. *Enseignement pratique.* — L'enseignement pratique comprend :

- 1^o Des exercices de laboratoire;
- 2^o Des essais de machines;
- 3^o Des exercices d'atelier;
- 4^o Des visites d'usines;
- 5^o Des stages dans les principaux secteurs de Paris.

PROJETS.

Cinq projets sont donnés aux élèves dans le courant de l'année; ce sont :

- 1^o Un projet de machine à courant continu (calcul);
- 2^o Un projet de machine à courant continu (construction);
- 3^o Un projet de machine ou appareil à courant alternatif;
- 4^o Un projet d'installation d'éclairage ou de distribution d'énergie;
- 5^o Un projet d'appareillage.

EXAMENS.

Des interrogations, auxquelles participent tous les élèves, ont lieu régulièrement dans le courant de l'année; des examens de fin d'année sont subis, dans la seconde quinzaine de juillet, devant un jury désigné chaque année par le Conseil de perfectionnement.

DIPLÔMES.

Le diplôme d'Ingénieur électricien est exclusivement réservé aux élèves réguliers ayant suivi avec assiduité tous les exercices de l'École. Il est délivré à tout élève ayant obtenu une moyenne générale de 14 sur 20 pour les différentes notes de l'année.

Tout élève ayant obtenu la note moyenne 14 pour tous les exercices de l'École (projets et examens de fin d'année non compris) et dont l'échec est dû à la faiblesse des notes obtenues pour les projets et les examens de fin d'année peut être autorisé à subir de nouveau ces épreuves l'année suivante.

L'autorisation n'est accordée qu'une seule fois sur une demande faite par le candidat dans les deux mois qui suivent la rentrée. Le candidat doit subir de nouvelles épreuves sur les parties d'examen pour lesquelles il n'aurait pas obtenu la note 14, et obtenir au moins la note 14 pour chacune des épreuves nouvelles.

AUDITEURS LIBRES.

Des auditeurs libres peuvent être admis aux cours et conférences après inscription au Secrétariat de l'École.

L'admission aux exercices pratiques ne peut être autorisée qu'à titre exceptionnel par le Conseil de perfectionnement sur la proposition du Directeur de l'École.

FRAIS D'ÉTUDES.

1^{er} *Élèves réguliers :*

	Fr.
Frais d'études (1)	1000
Outillage et cahiers (2)	50

2^o *Auditeurs et élèves libres :*

Cours sur l'Électrotechnique générale (3) ...	200
Cours sur les mesures électriques (3)	200
Conférences (3)	200
Exercices de Laboratoire (3)	300
Essais de machines (3)	300
Exercices d'atelier (3)	300

Les auditeurs ou élèves libres ne sont admis aux visites d'usines que s'ils sont inscrits au moins à trois cours ou exercices pratiques. Cette admission est d'ailleurs entièrement subordonnée aux nécessités des circonstances.

(1) Payables par moitié, au 1^{er} novembre et au 1^{er} mars.

(2) L'outillage, acquis par les élèves à leur entrée à l'École, reste leur propriété personnelle

(3) Payables d'avance.

COURS ET CONFÉRENCES POUR L'ANNÉE 1909-1910.

Cours.

M. Janet (P.), Directeur de l'École : Électrotechnique générale.

M. Chaumat (H.), Sous-Directeur : Mesures électriques.

Conférences.

M. Belugou, Ingénieur en chef des Postes et des Télégraphes.

Télégraphie..... 6 conférences.

M. Bochet, Ingénieur en chef de la *Maison Harlé et Cie*.

Installations électriques, canalisation..... 7 conférences.

M. Boucherot, Ingénieur.

Calcul des alternateurs, transformateurs, alternomoteurs. 15 conférences.

M. Brunswick (E.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur en chef de la *Maison Breguet*.

Calcul et construction des machines à courants continus ;
construction des machines à courants alternatifs 19 conférences.

M. Chaumat, Sous-Directeur de l'École.

Électrochimie 7 conférences.

M. Courtois (Gabriel), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur des constructions électriques à la Société industrielle des Téléphones.

Construction des appareils et accessoires des tableaux de
distribution..... 10 conférences.

M. Grosselin, Ingénieur civil des Mines.

Canalisations souterraines 3 conférences

M. Loppé, Ingénieur des Arts et Manufactures.

Accumulateurs..... 6 conférences.
Essais de machines..... 18 conférences.

M. Mazen (A.), Ingénieur des Services électriques des Chemins de fer de l'Ouest-État.

Applications mécaniques de l'Électricité, traction électrique. 35 conférences.

M. Picou (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures.

Stations centrales..... 6 conférences.

M. Sartiaux (Eug.), Ingénieur chef des Services électriques au Chemin de fer du Nord.

Applications de l'Électricité aux chemins de fer 2 conférences.

M. Tainturier (C.), Directeur de l'usine électrique des Moulineaux.

Tramways électriques à contacts superficiels 3 conférences.

M. de la Touanne, Ingénieur des Télégraphes.

Téléphonie 5 conférences.

Conférences complémentaires.

M. Laporte, Sous-Directeur du Laboratoire central d'Électricité.

Éclairage électrique..... 6 conférences.

M. Latour (Marius).

Moteurs monophasés..... 2 conférences.

M. Routin.

Installations hydroélectriques..... 3 conférences.

M. Ferrié.

Télégraphie sans fil..... 3 conférences.

M. Villard, Membre de l'Institut, Professeur suppléant au Conservatoire national des Arts et Métiers.

Rayons cathodiques et rayons X..... 2 conférences.

M. le Dr Broca, Agrégé de la Faculté de Médecine de Paris.

Accidents causés par l'électricité 1 conférence.

VII. — PROGRAMME D'ADMISSION

MATHÉMATIQUES ET MÉCANIQUE.

Mathématiques élémentaires. — Géométrie, Algèbre, Trigonométrie. — Usage des logarithmes et de la règle à calcul.

Compléments d'algèbre et éléments de géométrie analytique. — Fonctions; dérivées. — Représentations graphiques des fonctions usuelles. — Notions sur les séries. — Notions sur les quantités imaginaires.

Calcul différentiel et intégral. — Différentielles et quadratures usuelles. — Calcul des aires, des centres de gravité, des moments d'inertie; ellipse centrale d'inertie. — Équation différentielle linéaire à coefficients constants du premier et du second ordre, sans ou avec second membre.

Mécanique. — Vitesse; accélération; force; couple; travail; puissance. — Théorème des forces vives et son application aux machines simples. — Travail perdu dans le frottement. — Mouvements périodiques. — Mouvement d'un solide invariable autour d'un axe. — Cas particulier d'un corps suspendu par un fil de torsion, avec amortissement.

Mécanique appliquée. — Turbines hydrauliques; machines à vapeur moteur à gaz; frein de Prony.

Résistance des matériaux. — Moments d'inertie. — Définition des déformations. — Coefficients d'élasticité; limite d'élasticité; résistance à la rupture; coefficients de sécurité; valeurs admissibles dans la pratique pour les matériaux usuels. — Pièces chargées debout. — Formule relative à la flexion; forces élastiques normales et tangentielles) cas général. — Courbure d'une pièce soumise à une flexion plane. — Définition des appuis; applications à des cas usuels; pièces droites appuyées et encastrees. — Éléments de statique graphique; polygone dynamique; polygone funiculaire. — Notions élémentaires sur les ressorts. — Force d'inertie; efforts moléculaires dans le cas d'une jante de volant en mouvement de rotation uniforme.

PHYSIQUE.

Unités. — Système C. G. S.; système pratique.

Chaleur. — Lois fondamentales.

Thermodynamique. — Équivalence de la chaleur et du travail; principe de la conservation de l'énergie.

Optique. — Propriétés des lentilles et des miroirs.

ÉLECTRICITÉ.

Phénomènes fondamentaux; lois numériques de l'électrostatique, de l'électrocinétique, du magnétisme, de l'électromagnétisme et de l'induction.

CHIMIE.

Préparation et propriétés des principaux corps de la Chimie minérale.

DESSIN INDUSTRIEL.

Un croquis coté de machine à main levée.

On comprendra l'esprit de ce programme à l'aide des développements qui suivent et qui sont donnés à titre de simple renseignement.

COMPLÉMENTS D'ALGÈBRE.

Fonctions continues. — Exemples (Polynômes. — Fonctions rationnelles. Fonctions circulaires. — Fonction exponentielle; définition de e). — Variations et représentation graphique d'une fonction; définition de la dérivée (interprétation géométrique); fonctions croissantes et décroissantes; maxima et minima.

Calcul des dérivées. — Dérivée d'une somme, d'un produit, d'un quotient, d'une fonction de fonction. Dérivées des fonctions e^x , $\log x$, x^m , $\sin x$, $\cos x$, $\tan x$, $\arcsin x$; $\arccos x$, $\arctan x$. Dérivées d'ordre supérieur. — Fonctions de plusieurs variables; dérivées partielles d'ordre quelconque.

Séries. — Notions sur la convergence.

Séries de Taylor et Maclaurin. — Développement de e^x , $\sin x$, $\cos x$ suivant les puissances de x .

Quantités imaginaires. — Opérations sur ces quantités. — Formule de Moivre. — Définition de l'exponentielle imaginaire. — Relations $e^{\pm ix} = \cos x \pm i \sin x$. — Produit de deux exponentielles imaginaires. — Expression de $\sin x$ et de $\cos x$ à l'aide des exponentielles imaginaires.

ÉLÉMENTS DE GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE ⁽¹⁾.

Géométrie plane. — Coordonnées cartésiennes dans le plan; changement d'axes. — Coordonnées polaires. — Ligne droite. — Distance d'un

⁽¹⁾ On se bornera à la Géométrie plane.

point à une droite. — Courbes planes : tangente, concavité, inflexion, asymptotes. — Construction de courbes simples. — Étude sommaire des coniques. — Enveloppes.

CALCUL DIFFÉRENTIEL ET INTÉGRAL.

Infiniment petits des divers ordres. — Exemples géométriques ; courbure. — Différentielle du premier ordre d'une fonction d'une ou plusieurs variables. — Fonction primitive d'une fonction $f(x)$ (déduite de la notion d'aire). — Intégrales indéfinies usuelles :

$$\int \frac{dx}{x}, \quad \int \frac{dx}{x^2 \pm a^2}, \quad \int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}}, \quad \int \frac{dx}{\sqrt{x^2 - a^2}}.$$

— Intégration d'une fonction rationnelle de x , d'une fonction rationnelle en $\sin x$, $\cos x$. — Calcul des intégrales définies ; applications géométriques et mécaniques : aires, volumes simples, arcs de courbe, moments d'inertie. — Notions sur les intégrales doubles et triples déduites des idées de volume et de masse d'un corps. — Équations différentielles du premier ordre ; cas simples d'intégration (équations à variables séparées, équations linéaires). — Équations linéaires du second ordre à coefficients constants, dont le second membre est un polynôme en e^x , $\sin x$, $\cos x$.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE.

Puissance utilisable d'une chute d'eau. — Principe des récepteurs hydrauliques. — Rendement. — Description sommaire des types usuels de turbines hydrauliques pour basses, moyennes et hautes chutes. — Régulation de la vitesse. — Description sommaire des types usuels de générateurs de vapeur. — Appareils de contrôle, de sûreté et d'alimentation. — Moteurs à vapeur monocylindriques, compound, à triple expansion. — Notions sommaires sur les turbines à vapeur. — Condensation par mélange, par surface. — Détente. — Distribution. — Son étude graphique. — Diagrammes. — Indicateurs. — Régulateurs. — Calcul approximatif de la puissance d'un moteur à vapeur à piston. — Principe du fonctionnement des moteurs à gaz à quatre temps. — Description sommaire d'une machine de ce type. — Allumage. — Refroidissement des parois.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX.

Moments d'inertie par rapport à un axe ; rayon de gyration ; ellipse d'inertie ; moment d'inertie polaire ; applications aux sections usuelles. — Définition des déformations : extension ; compression ; cisaillement ; torsion ; flexion. — Coefficients d'élasticité longitudinale et transversale ;

limite d'élasticité; résistance à la rupture; coefficients de sécurité; valeurs admissibles en pratique pour les matériaux usuels (métaux, bois, pierre, etc.). — Pièces chargées debout; compression des prismes courts ou longs; formules de flambage. — Formules relatives à la flexion; détermination des forces normales et tangentielles; cas général. — Flexion plane; effort tranchant; moment fléchissant; composante normale. — Courbure d'une pièce soumise à une flexion plane; moment résistant $\left(\frac{RI}{V}\right)$; efforts de cisaillement longitudinal et transversal. — Définition des appuis; appui simple; encastrement. — Applications à des cas usuels pour des charges uniformément réparties ou isolées : pièces droites reposant sur deux appuis simples et pièces droites encastrees avec une extrémité libre; notions sommaires pour les cas : d'un appui simple et un encastrement, de deux encastremets, et d'une poutre à travées continues. — Éléments de statique graphique; polygone dynamique; polygone funiculaire; applications à des systèmes triangulés simples. — Notions élémentaires sur les ressorts; ressorts à lames; ressorts en hélice et en spirale. — Force d'inertie; efforts moléculaires dans le cas d'une jante de volant en mouvement de rotation uniforme.

L'attention des candidats est attirée sur la nécessité de vérifier l'homogénéité de toutes les formules employées, et de connaître les dimensions des diverses grandeurs et des principaux coefficients; la nomenclature employée par Hospitalier (*Formulaire de l'Électricien et du Mécanicien*, 1908) est expressément recommandée.



LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

1910.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

ANNÉE 1910.

COMITÉ D'ADMINISTRATION.

PRESIDENTS HONORAIRES.

MM. **GEORGES BERGER**, Membre de l'Institut, ex-Directeur de l'exploitation de l'Exposition universelle de 1889, ancien Député de la Seine, 8, rue Legendre, à Paris, 17^e.

MAURICE LOEWY, *décédé en 1907.*

MASCART (E.), *décédé en 1908.*

ANCIENS PRESIDENTS.

Dates d'entrée
et de sortie.

1883-1883. **BERGER (GEORGES)**, Membre de l'Institut, ex-Directeur de l'exploitation de l'Exposition universelle de 1889, ancien Député de la Seine, 8, rue Legendre, à Paris, 17^e.

1886. **LOEWY (MAURICE)**, *décédé en 1907.*

1887. **MASCART (E.)**, *décédé en 1908.*

1888. **LEMONNIER (PAUL)**, *décédé en 1894.*

1889. **SEBERT (Général H.)**, Membre de l'Institut, Administrateur de la *Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée*, 14, rue Brémontier, à Paris, 17^e.

1890. **FONTAINE (HIPPOLYTE)**, *décédé en 1910.*

1891. **JOUBERT (J.)**, *décédé en 1910.*

1892. **CARPENTIER (J.)**, Ingénieur-Constructeur, Membre de l'Académie des Sciences, Membre du Bureau des Longitudes, 34, rue du Luxembourg, à Paris, 6^e.

1893. **RAYMOND (L.)**, Administrateur des Postes et des Télégraphes, en retraite, 36, rue Washington, à Paris, 8^e.

1894. **POSTEL-VINAY (A.)**, 10, place Saint-François-Xavier, à Paris, 7^e.

1895. **POTIER (A.)**, *décédé en 1905.*

1896. **SCIAMA (GASTON)**, Directeur de la *Maison Breguet*, 19, rue Didot, à Paris, 14^e.

1897. **ARSONVAL (Dr A. D')**, Membre de l'Institut, Professeur au *Collège de France*, Directeur du *Laboratoire de Physique biologique*, 3, rue Guillaume Lenoir, à Suresnes (Seine).

Dates d'entrée
et de sortie.

1898. **PICOU (R.-V.)**, Ingénieur des Arts et Manufactures, 41, rue Saint-Ferdinand, à Paris, 17^e.
1899. **VIOLE (J.)**, Membre de l'Institut, Maître de Conférences à l'*École Normale supérieure*, Professeur au *Conservatoire national des Arts et Métiers*, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris, 5^e.
1900. **MASCART (E.)**, *décédé en 1908*.
1901. **HILLAIRET (A.)**, Ingénieur constructeur, 22, rue Vicq-d'Azir, à Paris, 10^e.
1902. **HARLÉ (E.)**, Associé-Gérant de la *Maison Harlé et C^{ie}*, 26, avenue de Suffren, à Paris, 15^e.
1903. **HOSPITALIER (Ed.)**, *décédé en 1907*.
1904. **POLLARD (J.)**, Directeur du Génie maritime, 8, rue de Berri, à Paris, 8^e.
1905. **BOUTY (E.)**, Membre de l'Institut, Professeur à la *Faculté des Sciences de Paris*, 5, rue du Faubourg-Saint-Jacques, à Paris, 14^e.
1906. **LEBLANC (MAURICE)**, Ingénieur-Conseil de la *Société anonyme Westinghouse*, le Val-sur-Seine, à Croissy (Seine-et-Oise).
1907. **BECQUEREL (H.)**, *décédé en 1908*.
1908. **BOUCHEROT (P.)**, Ingénieur-Conseil, 64, boulevard Auguste-Blanqui, à Paris, 13^e.
1909. **PELLAT (HENRI)**, *décédé en 1909*.

BUREAU.

Président.

BOCHET (A.), Ingénieur en chef de la *Maison Harlé et C^{ie}*, Administrateur des *Chantiers et Ateliers Augustin Normand*, etc., 2, rue Scheffer, à Paris, 16^e.

Président pour l'exercice 1911-1912.

LIPPMANN (G.), Membre de l'Institut, 10, rue de l'Éperon, à Paris, 6^e.

Vice-Présidents.

1908-1911. **DEVAUX-CHARBONNEL (XAVIER)**, Ingénieur des Télégraphes, 286, boulevard Raspail, à Paris, 14^e.

1908-1911. **MAZEN (ANTOINE)**, Ingénieur des *Services électriques des Chemins de fer de l'Ouest-Etat*, 35, rue Magenta, à Asnières (Seine).

•••

1909-1912. **ARMAGNAT (H.)**, Ingénieur-Conseil, 67, rue du Ranelagh, à Paris, 16^e.

1909-1912. **BRUNSWICK (E.)**, Ingénieur en chef de la *Maison Breguet*, 1, rue Alphonse-Daudet, à Paris, 14^e.

•••

1910-1913. **BERTHELOT (D.)**, Professeur à l'Université de Paris, 31, rue de Tournon, à Paris, 6^e.

1910-1913. **MAUGAS (G.)**, Ingénieur en Chef de la Marine, 15, rue Gustave-Zédé, à Paris, 16^e.

Secrétaire général.

Dates d'entrée
et de sortie.

1909-1911. VALBREUZE (R. DE), Ingénieur électricien, 8, rue Lévis, à Paris, 17^e.

Secrétaires.

1908-1911. JOLY (L.-E.), Ingénieur aux Ateliers Carpentier, 103, boulevard Montparnasse, à Paris, 6^e.

1908-1911. LIOUVILLE (L.), Ingénieur des Arts et Manufactures, à Saint-Germain par Corbeil (Seine-et-Oise).

. . .

1909-1912. BETHENOD (J.), Ingénieur-Conseil, 79, rue Saint-Louis-en-Île, à Paris, 4^e.

1909-1912. GUÉRY (F.), Ingénieur électricien, 18 *bis*, rue du Marché, à Neuilly-sur-Seine (Seine).

. . .

1910-1913. FRANCE (DE), Ingénieur civil des Mines, 6, rue de Solférino, à Paris, 7^e.

1910-1913. GIRAULT (P.), Ingénieur aux ateliers Thomson Houston, 53, rue Mathurin-Régnier, à Paris, 17^e.

Trésorier.

1910-1912. VIOLET (LÉON), Ingénieur, 6, rue de l'Abbaye, à Paris, 6^e.

MEMBRES DU COMITÉ.

1908-1911. BÉLUGOU (V.), Ingénieur en chef des Postes et des Télégraphes, 24, rue Bertrand, à Paris, 7^e.

1908-1911. BONAPARTE (Prince ROLAND), Membre de l'Institut, 10, avenue d'Iéna, à Paris, 16^e.

1908-1911. BOUTAN (A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 3, quai des Célestins, à Lyon (Rhône).

1908-1911. BRYLINSKI (E.), Directeur de la Société *Le Triphasé*, 5, avenue Teissonnière, à Asnières (Seine).

1908-1911. COURTOIS (G.), Directeur de l'*Usine des Constructions électriques de la Société industrielle des Téléphones*, 40, rue Ribéra, à Paris, 16^e.

1908-1911. DUMONT (E.), Fondé de pouvoirs de la *Société française des Câbles électriques*, 11, chemin du Pré Gaudry, à Lyon (Rhône).

1908-1911. FABRY (CH.), Professeur à la *Faculté des Sciences de Marseille*, 1, rue Clapier, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

1908-1911. GASNIER (P.), Chef des travaux pratiques d'électricité. Chargé de conférences à l'*École de Physique et de Chimie industrielles de Paris*, 20, rue Hallé, à Paris, 14^e.

1908-1911. GROSSELIN (M.), Ingénieur civil des Mines, 26, rue Godot-de-Mauroi, à Paris, 9^e.

1908-1911. LAPORTE (F.), Sous-Directeur du *Laboratoire central d'Électricité*, 2, rue Saint-Simon, à Paris, 7^e.

Dates d'entrée
et de sortie.

- 1908-1911. LATOUR (M.), Ingénieur-Conseil de la *General Electric Co, Schenectady*, 22, rue de Tocqueville, à Paris, 17^e.
1908-1911. LOCHERER (G.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 45, rue Ampère, à Paris, 17^e.
1910-1911. MASCART (LÉON), Directeur de la *Société des Établissements Henry Lepaute*, 55, rue de Lille, à Paris, 7^e.
1910-1911. PARODI (H.), Ingénieur des *Services électriques à la Compagnie des chemins de fer d'Orléans*, 141, quai d'Orsay, à Paris, 7^e.
1908-1911. SWYNGEDAUV (R.), Professeur de Physique et d'Électricité industrielles à l'*Institut électrotechnique de Lille*, 1, rue des Fleurs, à Lille (Nord).
1909-1911. VAUTIER (T.), Professeur à la *Faculté des Sciences de Lyon*, 3, montée de Balmont, à Lyon (Rhône).

* * *

- 1909-1912. ABRAHAM (H.), Maître de conférences à l'*École normale supérieure*, 45, rue d'Ulm, à Paris, 5^e.
1909-1912. BROCA (D^r), Agrégé de la Faculté de Médecine, 7, cité Vaneau, à Paris, 7^e.
1909-1912. CHAUMAT (H.), Sous-Directeur de l'*École supérieure d'Électricité*, 26, rue Ernest-Renan, à Paris, 15^e.
1909-1912. CLAUDE (G.), Ingénieur, 30, rue Boissière, à Paris, 16^e.
1909-1912. DESROZIERS (E.), Ingénieur électricien, 10, avenue Frochot, à Paris, 9^e.
1909-1912. ESCHWÈGE (P.), Ingénieur civil des Mines, 26, rue Laffitte, à Paris, 9^e.
1909-1912. FONTAINE (E.), Secrétaire général du *Syndicat professionnel des Usines d'électricité*, 27, rue Tronchet, à Paris, 8^e.
1909-1912. JOUAUST (R.), Chef de travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 18, rue Dutot, à Paris, 15^e.
1909-1912. JUMAU (L.), Ingénieur électricien, 47 bis, rue d'Orsel, à Paris, 18^e.
1909-1912. LAURIOL (P.), Ingénieur en chef des *Services d'éclairage de la Ville de Paris*, 37, avenue Élysée-Reclus, à Paris, 7^e.
1909-1912. LEGOUÉZ (R.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 83, avenue Malakoff, à Paris, 16^e.
1909-1912. MEYER (F.), Directeur de la *Compagnie continentale Edison*, 28, rue de Chateaudun, à Paris, 9^e.
1909-1912. MOXMERQUÉ (A.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 19, rue Decamps, à Paris, 16^e.
1909-1912. POINCARÉ (L.), Inspecteur général de l'Instruction publique, 130, rue de Rennes, à Paris, 6^e.
1909-1912. REY (J.), Gérant de la *Maison Harlé et Cie*, 26, avenue de Suffren, à Paris, 15^e.
1909-1912. TAINURIER (C.), Directeur de l'*Usine électrique des Moulineaux*, 6, chemin de l'Ermitage, à Meudon (Seine-et-Oise).

* * *

- 1910-1913. ALLAMET (M.), Sous-Ingénieur chef du *Laboratoire électrotechnique au Chemin de fer du Nord*, 46, rue de la Concorde, à Asnières (Seine.)

Dates d'entrée
et de sortie.

- 1910-1913. ANDRÉ (H.), Ingénieur en chef à la *Société de matériel téléphonique G. Aboilard et Cie*, 4 bis, avenue de Ségur, à Paris, 7^e.
1910-1913. ARNOUX (R.), Ingénieur constructeur, 45, rue du Ranelagh, à Paris, 16^e.
1910-1913. BOISTEL (E.), Ingénieur conseil, 66, rue de Vaugirard, à Paris, 6^e.
1910-1913. BOUTIN (M.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 11, rue Henri-Martin, à Paris, 16^e.
1910-1913. BRACHET (H.), Directeur de la *Compagnie d'éclairage électrique du secteur des Champs-Élysées*, 8, rue Gustave-Flaubert, à Paris, 17^e.
1910-1913. BROCCQ, Ingénieur des Arts et Manufactures, 18, boulevard de Vaugirard, à Paris, 15^e.
1910-1913. FERRIÉ (G.), Chef de bataillon du Génie, 23, boulevard Montparnasse, à Paris, 6^e.
1910-1913. JAVAUX (E.), Président du Conseil et Administrateur délégué de la *Société Gramme*, 130, boulevard Pereire, à Paris, 17^e.
1910-1913. LARNAUDE (A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 31, rue Camille-Desmoulins, à Issy (Seine).
1910-1913. MEYER-MAY (A.), Directeur des constructions électriques à la *Société industrielle des téléphones*, 18, avenue Niel, à Paris, 17^e.
1910-1913. MONGIN (E.), Ingénieur, 17, boulevard d'Andilly, à Montmorency (Seine-et-Oise).
1910-1913. TOSI (A.), Ingénieur, 4, rue du 29 Juillet, à Paris, 1^{er}.
1910-1913. TRAZ (J. DE), Secrétaire de la *Direction de la Compagnie française des métaux*, 10, rue Volney, à Paris, 2^e.
1910-1913. TURENNE (PAUL), Ingénieur, 82, rue Curial, à Paris, 19^e.
1910-1913. ZETTER (CH.), Directeur de la *Compagnie française d'appareillage électrique*, 49, rue de Maubeuge, à Paris, 9^e.

Secrétaire du Comité.

SABOURAIN (J.-A.), Directeur honoraire des Postes et des Télégraphes, 30, rue Bonaparte, à Paris, 6^e.

SECTIONS DU COMITÉ.

1^{re} SECTION. — *Production et utilisation mécanique de l'Électricité.*

Président : M. BRUNSWICK.

Secrétaire : M. LIOUVILLE.

2^e SECTION. — *Éclairage électrique.*

Président : M. MAUGAS.

Secrétaire : M. GIRAULT (P.).

3^e SECTION. — *Électrochimie. Électrométallurgie. Piles. Accumulateurs.*

Président : M. BERTHELOT (D.).

Secrétaire : M. DE FRANCE.

4^e SECTION. — *Canalisation. Distribution générale. Traction.*

Président : M. MAZEN.

Secrétaire : M. GUÉRY.

5^e SECTION. — *Télégraphie. Téléphonie.*

Président : M. DEVAUX-CHARBONNEL.

Secrétaire : M. JOLY.

6^e SECTION. — *Recherches physiques. Électrophysiologie. Instruments de mesure.*

Président : M. ARMAGNAT.

Secrétaire : M. BETHENOD.

COMMISSION DES COMPTES.

CELLERIER (J.), Directeur du *Laboratoire d'essais au Conservatoire national des Arts-et-Métiers*, 292, rue Saint-Martin, à Paris, 3^e.

LORIN (CH.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 21, avenue de Tourville, à Paris, 7^e.

SARTIAUX (E.), Ingénieur chef des *Services électriques au Chemin de fer du Nord*, 48, rue de Dunkerque, à Paris, 9^e.

COMMISSION CONSULTATIVE.

Avocat. — CARPENTIER (A.), Avocat à la Cour d'Appel, 4, rue du Cardinal-Lemoine, à Paris, 5^e.

Avoué. — CAGNY (ANTOINE DE), Avoué de 1^{re} instance, 11, rue de Rome, à Paris, 8^e.

Notaire. — LANQUEST, 92, boulevard Haussmann, à Paris, 8^e.

Agent Administratif de la Société.

TESSIER (CHARLES), 14, rue de Staël, à Paris, 15^e.

MEMBRES HONORAIRES.

- BENOIT (R.), Directeur du Bureau international des Poids et Mesures, Pavillon de Breteuil, à Sèvres (Seine-et-Oise).
DEPREZ (MARCEL), Membre de l'Institut, 23, avenue Marigny, à Vincennes (Seine).
THURY (R.), Ingénieur-Conseil de la *Compagnie de l'Industrie électrique et mécanique*, 25 bis, route de Florissant, à Genève (Suisse).
-

MEMBRES CORRESPONDANTS.

Autriche.

- ZIEFFER (E.), Ingénieur civil, Président des *Chemins de fer Lemberg Czernowitz Jassy et des Chemins de fer Lemberg-Betzée* (Tomaszów), I, Opernring, 5, à Vienne.

Belgique.

- BANNEUX (J.), Ingénieur en chef, Directeur des Télégraphes, à Bruxelles.
GERARD (ERIC), Directeur de l'*Institut électrotechnique Montefiore*, 35, rue Saint-Gilles, à Liège.
MENSBRUGGHE (GUST. VAN DER), Professeur à l'*Université de Gand*, à Gand.

États-Unis.

- BARKER (GEORGE-F.), Université de Pensylvanie, à Philadelphie.
HERING (CARL), Consulting Electrical Engineer, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 929, Chesnut street, à Philadelphie.

Grande-Bretagne.

- PREECE (WILLIAM-HENRY), F. R. S., M. Inst. C. E., Gothic-Lodge, Wimbledon Surrey.

Italie.

- CATTANEO (Commandeur ROBERT), Administrateur délégué della *Società di Montepioni*, 51, via Ospedale, à Turin.
SEMMOLA (ERGÈNE), Directeur honoraire de l'*Observatoire météorologique de l'Université de Naples*, 53, Calata Trinita Maggiore, à Naples.

Pays-Bas.

- BOSSCHA (J.), Secrétaire perpétuel de la *Société hollandaise des Sciences*, à Harlem.

Portugal.

CASTANHEIRA DAS NÈVES, Ingénieur, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, rua do Salitre, 405-3º, à Lisbonne.

PAIVA (ADRIEN DE), Comte de Campo-Bello, Pair de Portugal, Professeur, Membre de l'*Académie royale des Sciences de Lisbonne*, etc., au château de Campo-Bello, à Gaya, près de Porto.

VIEGAS (D^r ANTONIO DOS SANTOS), à Coïmbra.

Suisse.

BOREL (D^r FRANÇOIS), Ingénieur, à Cortaillod.

WEBER (D^r H.-F.), Professeur, à Zurich.

I. — MEMBRES DONATEURS.

Berger (G.)	500,00
Cantacuzène	800,00
Carpentier	750,00
Grosselin	1750,00
Hadamard	500,00
Hillairet	850,50
Lemonnier (P.)	500,00
Romilly (de)	3000,00

II. — DON'S POUR L'INSTALLATION DU LABORATOIRE.

Association amicale des Ingénieurs Électriciens	500,00
Berger (G.)	500,00
Classe 62 de l'Exposition de 1889	10778,40
Congrès international des Électriciens de 1889	5067,80
Delaunay-Belleville	5000,00
Feuquières (J.)	100,00
Gramme et Fontaine (H.)	10000,00
Lemonnier	1000,00
Mildé	500,00
Postel-Vinay	1000,00
Rochetin (J.)	100,00
Syndicat international des Électriciens, Exposition de 1889	4249,20
Syndicat professionnel des Industries électriques	150,00
T	5,00
Weiller (Lazare)	500,00

III. — SOUSCRIPTION POUR L'INSTALLATION DU LABORATOIRE.
NOVEMBRE 1892.

Anonyme	500,00
Carpentier	3000,00
Christofle et C^{ie}	5000,00
Compagnie de Fives-Lille	2500,00
Delaunay-Belleville	1000,00
Eiffel (G.)	5000,00
Fontaine (H.)	10000,00
Harlé	1500,00
Lemonnier	20000,00
Membres du syndicat professionnel des Industries électriques	18875,00
Menier frères	10000,00

Mouchel	100,00
Romilly (de)	5000,00
Rouart frères et C^{ie}	2000,00
Sautter (G.)	1500,00
Sautter (L.)	1000,00
Schneider et C^{ie}	5000,00
Société anonyme d'Éclairage électrique du Secteur de la place Clichy.	2500,00
Société alsacienne de constructions mécaniques	2500,00
Thénard (baron)	3000,00

DONS EN NATURE.

Hillairet : Installation de la partie mécanique du Laboratoire.
Weyher et Richemond : Machine à vapeur mi-fixe de 25 chevaux.
à triple expansion.

IV. — LEGS.

Cheux	37969,20
Giffard	100000,00
Hughes	50000,00

V. — SUBVENTIONS A L'ÉCOLE DE 1893 AU 1^{er} AVRIL 1910.

Anonyme	2000,00
Anonyme	200,00
Anonyme	500,00
Anonyme	600,00
Anonyme	1000,00
Azaria	1000,00
Bischoffsheim	10000,00
Bochet	1800,00
Bonaparte (prince Roland)	12000,00
Canet	5000,00
Carpentier	15000,00
Chambre de Commerce de Paris	9500,00
Christoffe et C^{ie}	12000,00
Compagnie de Fives-Lille	2000,00
Compagnie continentale Edison	14500,00
Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz	3750,00
Compagnie pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston	15000,00
Corbin	200,00
Cornuault	1000,00
Desroziers	2500,00
Eiffel	3000,00
Farcot	500,00
Fontaine (H.)	2500,00
Frédéric-Moreau	100,00

Garnier.....	250,00
Hattat.....	500,00
Herbault.....	500,00
Hillairet.....	1100,00
Maison Breguet.....	6000,00
Mascart (Ch.).....	3000,00
Ménier (H.).....	13000,00
Mors.....	1000,00
Picou.....	750,00
Porgès.....	2000,00
Postel-Vinay.....	12000,00
Romilly (de).....	15000,00
Rothschild (baron E. de).....	14000,00
Rouart.....	100,00
Routin.....	300,00
Sabatier.....	1000,00
Santerre.....	12500,00
Sautter-Harlé.....	15000,00
Schneider et C ^{re}	4250,00
Société anonyme du secteur électrique de la place Clichy.....	500,00
Société alsacienne de Constructions mécaniques.....	500,00
Société anonyme des anciens Établissements Cail.....	250,00
Société Cance.....	750,00
Société d'Éclairage et de Force par l'Électricité.....	700,00
Société française de Physique.....	1500,00
Société Gramme.....	15000,00
Société industrielle des Téléphones.....	4000,00
Société pour la Transmission de la Force par l'Électricité.....	200,00
Société pour le travail électrique des métaux.....	500,00
Ténichef (prince).....	2000,00
Ville de Paris.....	16000,00
Weiller (Lazare).....	1500,00

VI. — OBLIGATIONS ET COUPONS ABANDONNÉS.

Bernheim.....	410,72
Bovet (de).....	200,00
Chapat.....	10,72
Chaperon.....	124,12
Coiseau.....	257,28
Desrozières.....	13,40
Ducousso.....	37,52
Gallini.....	100,00
Hillairet.....	500,00
Hirsch.....	5000,00
Javaux.....	289,44
Mildé.....	16,68

Sartiaux (E.).....	61,64
Société du Secteur de la place Clichy.....	410,72
Violet.....	131,32
Violle.....	100,00

VII. — DIVERS.

Anonyme.....	100,00
Braby.....	5,00
Classe 23 de l'Exposition de 1900.....	25360,05
Classe 25 de l'Exposition de 1900.....	4500,00
Classe 25 de l'Exposition de 1900 et M. H. Fontaine.....	1000,00
Classe 27 de l'Exposition de 1900.....	6963,05
Exposition de Liège (M. Eug. Sartiaux).....	3085,00
Fontaine (H.).....	400,00
Hughes (D.-E.).....	20,00
Poincaré (L.).....	50,00
Revue l' « Éclairage électrique ».....	86,00
Rochetin.....	205,00
Rothschild (baron A. de).....	250,00
Rothschild (baron E. de).....	250,00
Rothschild (baron G. de).....	250,00
Violet.....	58,50

LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES

(Année 1910).

Les noms des Membres fondateurs sont suivis des lettres M. F.; ceux des Membres donateurs des lettres M. D.; ceux des Membres perpétuels (cotisations libérées) des lettres M. P.; ceux des Membres honoraires des lettres M. H.

N. B. — MM. les Membres sont priés de vouloir bien adresser au Secrétariat les corrections à introduire dans la présente liste.

-
- Abal** (Henri), Ingénieur électricien, E. S. E., Avenida Agraciada, 743, à Montévidéo (Amérique du Sud).
- Abraham** (Henri), Maître de conférences à l'École Normale supérieure, 45, rue d'Ulm, à Paris, 5^e. M. P.
- Abt** (Victor), Ingénieur, Directeur de la Station électrique du Pont de Gouffre, 4, faubourg de Gérardmer, à Remiremont (Vosges).
- Adams** (William-Grylls), Professeur, F. R. S., Heathfield, Broadstone Dorset (Angleterre). M. F.
- Alause** (Louis), Ingénieur électricien, Conducteur de Travaux à la Compagnie générale de Travaux d'Éclairage et de Force, 36, rue Saint-Vincent, à Paris, 18^e.
- Albrand** (Emmanuel), Ingénieur à la Société électrique du Littoral méditerranéen, 38 bis, Grand Chemin de Toulon, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Albuquerque** (Francisco d'), 80, rua do Rosario, à Porto (Portugal). M. F.
- Alby** (Amédée-Marie-Joseph), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 80, boulevard Flandrin, à Paris, 16^e. M. P.
- Alglave** (Émile), 27, avenue de Paris, à Versailles (Seine-et-Oise). M. F.
- Aliamet** (Maurice), Licencié ès Sciences, Sous-Ingénieur chef du Laboratoire électrotechnique au Chemin de fer du Nord, 46, rue de la Concorde, à Asnières (Seine).
- Alizan** (Marcel), Ingénieur, 6, rue Mansart, à Paris, 9^e.
- Allain-Launay** (Jules-Hippolyte-Edmond), Ingénieur à la Compagnie générale du gaz pour la France et pour l'étranger, 98, avenue Niel, à Paris, 17^e.
- Aliaire** (Edmond-L.-D.), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, 18, rue Flatters, à Paris, 5^e. M. F.
- Alliot** (R.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de câbles électriques, 38, rue de Reuilly, à Paris, 12^e.
- Almeida Lisbôa** (Joaquim-Ignacio de), Professeur au Gymnase national, Caixa postal, 1111, à Rio-de-Janeiro (Brésil).
- Ambrières** (Georges-Marie-Symphorien-Eugène Gouin d'), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Ingénieur de la Compagnie Huanchaca de Bolivie, à Pulecayo (Bolivie). M. F.
- Ameys** (Camille), à Iseghem (Belgique).
- Amiaud** (Pierre-Paul), à Saint-Médard-en-Jalles (Gironde).
- Amiot** (Ignace), Électricien, 11, rue du Lunain, à Paris, 14^e.
- Amoudruz** (Arthur), Bureau de Représentations industrielles, 24, rue d'Armaillé, à Paris, 17^e.
- Amstler-Lafon** (J.), à Schaffhouse (Suisse). M. F.

- Ancel** (Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur électricien, 91, boulevard Pereire, à Paris, 17^e.
- André** (Henri-Émile-Alphonse), Ingénieur, Directeur Commercial de la *Société de matériel téléphonique G. Aboilard et Cie*, 4 bis, avenue de Ségur, à Paris, 7^e.
- Andrieu** (Paul-Henri), Soldat au 149^e régiment d'infanterie, caserne Courcy, à Épinal (Vosges).
- Anglade** (Jean-Joseph-Albert), Chef d'Escadron au 9^e régiment d'Artillerie, à Castres (Tarn).
- Archat** (Paul), 14, rue Saint-Victor, à Paris, 5^e.
- Argyropoulos** (Constantin), 71, rue du Cardinal-Lemoine, à Paris, 5^e.
- Armagnat** (H.), Ingénieur-Conseil, Expert près le Tribunal civil de la Seine, 67, rue du Ranelagh, à Paris, 16^e.
- Armengaud aîné** (Charles-Eugène), 21, boulevard Poissonnière, à Paris, 2^e. M. F.
- Armengaud jeune**, Ingénieur civil, 23, boulevard de Strasbourg, à Paris, 10^e. M. F. M. P.
- Armet** (Henri-Joseph-Simon), Capitaine du Génie, ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 8 bis, rue Marceau, à Montpellier (Hérault).
- Arno** (Riccardo), Ingénieur, Professeur *R. Istituto Tecnico Superiore*, à Milan (Italie).
- Arnould** (Charles-Henri), Capitaine d'Artillerie, adjoint à la *Fonderie de canons*, à Bourges (Cher). M. P.
- Arnoux** (Henry), Lieutenant de vaisseau, 19, boulevard Flandrin, à Paris, 16^e.
- Arnoux** (René), Ingénieur-Constructeur, 45, rue du Ranelagh, à Paris, 16^e.
- Arquembourg** (Charles), Ingénieur délégué de l'*Association des Industriels du nord de la France*, 61, rue des Ponts-de-Comines, à Lille (Nord).
- Arsonval** (Dr A. d'), Membre de l'Institut, Professeur au *Collège de France*, Directeur du *Laboratoire de Physique biologique*, 3, rue Guillaume-Lenoir, à Suresnes (Seine). M. F.
- Association amicale des Ingénieurs. anciens élèves de l'Institut électrotechnique et de Mécanique appliquée de Nancy**, 2, rue de la Citadelle, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Association des Anciens élèves de l'Institut électrotechnique de Grenoble**, 20, Grande-Rue, à Grenoble (Isère).
- Association des Propriétaires d'Appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise** (Service électrique), 41, rue Dufour, à Amiens (Somme).
- Aubert** (Auguste-Jean-Jacques), Inventeur et Constructeur du Compteur horaire d'électricité, système *A. Aubert*, 7, place Saint-François, à Lausanne (Suisse).
- Aubert** (Pierre-Edmond), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Chef du Service électrique de la *Société des Mines et Usines Commentry-Fourchambault-Decazeville*, à Decazeville (Aveyron).
- Aubry** (E.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Service électrique général de la *Maison Bréguet*, 19, rue Didot, à Paris, 14^e.
- Aubry** (Jacques-M.-Jules), Ingénieur électricien de la *Société normande d'Électricité*, 73, rue de la République, à Rouen (Seine-Inférieure).
- Audoux** (Georges), 8, rue du Château-Landon, à Paris, 10^e.
- Aumont** (Léon-Édouard), 13, rue Saint-Jacques, à Vernon (Eure).
- Aussédât** (Louis-Auguste-Marie), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur général de la *Société des Forces du Fier*, 12, rue Royale, à Annecy (Haute-Savoie). M. P.

- Avril** (Charles-Louis-René), Ingénieur électricien, 58, rue Monsieur-le-Prince, à Paris, 6°. M. F.
- Azambre** (Paul-Marie-Gustave), 59, rue de Babylone, à Paris, 7°.
- Azaria**, Ingénieur, 5, rue Boudreau, à Paris, 9°.
- Babillot** (Gabriel), Ingénieur, Constructeur mécanicien, 11 *ter*, rue Lebel, à Vincennes (Seine). M. F.
- Bachon** (Lucien), Ingénieur, 123, rue de la Tour, à Paris, 16°.
- Badon-Pascal** (Georges-Alexandre), Directeur de la *Société anonyme des anciens Établissements Lacarrière*, 30, rue des Dames, à Paris, 17°.
- Bähr** (Georges-Martin-Victor), Ingénieur à la *Compagnie du Chemin de fer de Dakar à Saint-Louis*, à Dakar (Sénégal).
- Baillat** (Ernest), Ingénieur électricien, Administrateur délégué de la *Société hydro-électrique du Guiers*, à Pont-de-Beauvoisin (Isère).
- Baillaud** (Edouard-Benjamin), Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes, Directeur de l'*Observatoire*, à l'Observatoire, à Paris, 14°.
- Baille** (J.-B.), Répétiteur à l'*École Polytechnique*, 26, rue Oberkampf, à Paris, 11°. M. F. M. P.
- Baillehache** (R.-E.-J. de), Ingénieur des Arts et Manufactures, ancien Élève de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur civil, 12, boulevard Pereire, à Paris, 17°.
- Bailly** (Émile-Victor), Ingénieur, 5, boulevard Denain, à Paris, 10°.
- Bainville** (Auguste-Henri), Ingénieur-Conseil, 6, avenue Roehgude, à Nanterre (Seine).
- Bainville** (P.-A.), Capitaine d'Artillerie, 17, rue Française, à Calais (Pas-de-Calais).
- Bajanoff** (Jean), Ingénieur électricien *Banque de Commerce de Sibérie*, à Ekaterinbourg (Russie).
- Balme** (E.-J.-F.), Ingénieur des Arts et Manufactures, *Constructions mécaniques et électriques*, 85, avenue Bosquet, à Paris, 7°.
- Bancelin** (Edme-Henry), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur-Conseil, 21, rue Le Verrier, à Paris, 6°.
- Bankir** (Jakoff), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur Directeur des *Mines métalliques du Dauphiné*, à Vizille (Isère).
- Banneux** (J.), Directeur général des Télégraphes, à Bruxelles (Belgique). M. F.
- Banti** (Egisto), Ingénieur des *Ateliers Thomson-Houston*, 27, avenue du Maine, à Paris, 15°.
- Bapst** (Henri), 4, rue Denfert-Rochereau, à Boulogne-sur-Seine (Seine).
- Barbier** (F.), Ingénieur, Constructeur de phares électriques, 82, rue Curial, à Paris, 19°. M. F.
- Barbier** (Robert-Paul), 125, avenue de Villiers, à Paris, 17°.
- Barbillion** (Louis-Charles), Professeur à la *Faculté des Sciences de Grenoble*, Directeur de l'*Institut électrotechnique de l'Université*, 1, rue Villars, à Grenoble (Isère).
- Barbou** (A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la *Société Gramme*, 28, place Saint-Ferdinand, à Paris, 17°.
- Bardon** (Louis), 61, boulevard National, à Clichy (Seine).
- Bardot** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur de la *Société anonyme des Forges et Fonderies de Montataire*, Fabricant de produits chimiques, 19, passage Duranton, à Paris, 15°.

- Bardy** (Ch.), Directeur du *Laboratoire au Ministère des Finances*, 30, rue Miro-mesnil, à Paris, 8°. M. P.
- Barenes** (Henri-Romain), ancien Élève de l'*École Polytechnique* et de l'*École supérieure d'Électricité*, à La Cote, par Aix (Haute-Vienne).
- Bargeton** (Pierre), ancien Élève de l'*École Polytechnique* et de l'*École supérieure d'Électricité*, 45, boulevard du Muy, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Barillot** (Albert-Alexandre-René), Licencié ès Sciences de la *Faculté de Paris*, 48, rue Jacob, à Paris, 6°.
- Barker** (George-F.), Université de Pensylvanie, à Philadelphie (U. S. A.). M. F. M. P.
- Barraud** (Émile-Alphonse), Ingénieur, 6, rue Venture, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Barré** (Gaston-Émile), 12, rue du Commandant-Dumez, à Arras (Pas-de-Calais).
- Barré** (Pierre), Chef de traction à la *Compagnie des Tramways de Paris et du Département de la Seine*, 50, boulevard Voltaire, à Asnières (Seine).
- Barrière** (Just-Gustave-Camille), Directeur général de la *Société des Ciments Portland artificiels de l'Indo-Chine*, à Haïphong (Tonkin). M. P.
- Barris** (Pierre-Manuel-Guillaume), Ingénieur, Administrateur du *Sud électrique*, du *Sud-Lumière*, de la *Société nîmoise d'Électricité*, de la *Société avignonnaise d'Électricité*, 51, rue de Clichy, à Paris, 9°.
- Barthel** (Roger-Albert), 60, rue d'Assas, à Paris, 6°.
- Barthélemy** (Eugène-Léon-Pierre), Ingénieur de la traction et du matériel roulant à la *Compagnie des Tramways de Paris et du département de la Seine*, 26, avenue de Neuilly, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Barthélemy** (Henri-Joseph-Marie), Ingénieur stagiaire à la *Compagnie d'Électricité de Marseille*, 9, rue d'Arcole, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Bary** (Paul), Ingénieur-Conseil, 15, rue de l'Entrepôt, à Paris, 10°.
- Basch** (Eugène), ancien Élève de l'*École Polytechnique* et de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Société d'Électricité Alioth*, 67, avenue Kléber, à Paris, 16°.
- Bassée** (Charles), Ingénieur civil, 4, avenue de la Dame-Blanche, à Fontenay-sous-Bois (Seine).
- Basset** (Raoul-Mario-Auguste-Eugène), Ingénieur des Services techniques des Mines à la *Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt*, à Homécourt (Meurthe-et-Moselle).
- Baudis** (Albert), Ingénieur à la *Compagnie de Commentry, Fourchambault, Decazeville*, à Decazeville (Aveyron). M. P.
- Baudot** (Victor-Marie), Ingénieur, 10, rue Nicolas-Charlet, à Paris, 15°.
- Baudouin** (Édouard-Louis), Ingénieur diplômé de l'*École Supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Société d'Éclairage Électrique*, 51, rue Saint-Didier, à Paris, 16°.
- Baudran** (Émile-Paul-Édouard), Capitaine du Génie, Professeur à l'*École d'Application de l'Artillerie et du Génie*, à Fontainebleau (Seine-et-Marne).
- Baudry** (François-Charles), Administrateur-Directeur de la *Société française de distributions et de constructions électriques*, Administrateur de la *Compagnie générale d'éclairage de Bordeaux*, 55, boulevard de Caudéran, à Bordeaux (Gironde).
- Baume Pluvinel** (comte Aymar de la), 9, rue de la Baume, à Paris, 8°. M. F. M. P.
- Baux** (Adolphe), Administrateur délégué de la *Société de l'Accumulateur Tudor*, 26, rue de la Bienfaisance, à Paris, 8°.

- Beau** (Henri), 46, rue de la Boétie, à Paris, 8^e. M. F.
- Beaudier** (Albert-Marcel), Ingénieur de la *Société d'appareillage électrique Grivolat*, 268, avenue Daumesnil, à Paris, 12^e.
- Beaufond** (Jean-Marie-Louis-Constantin **de**), 4, rue Férou, à Paris, 6^e.
- Beaujard** (Louis-Georges), Ingénieur à l'*Association lyonnaise des Propriétaires d'Appareils à vapeur*, 320, avenue de Saxe, à Lyon (Rhône).
- Beausobre** (Emmanuel-Henri **de**), Attaché au Service du Contrôle de la *Compagnie Générale de Travaux d'Éclairage et de Force*, 15, rue Chomel, à Paris, 7^e.
- Beauvois-Devaux** (André), Administrateur de l'*Ouest-Lumière*, Président de la *Compagnie des Locations électriques*, Trésorier de l'*Union des Syndicats de l'Électricité*, 78, avenue Henri-Martin, à Paris, 16^e.
- Becker** (Barthélemy-Joseph), Constructeur électricien, 18, avenue de Tourville, à Paris, 7^e.
- Becot** (Henri-Paul-F.), Ingénieur, *Accumulatoren Fabrik Aktien Gesellschaft*, à Hagen-i-W (Allemagne).
- Becq** (Louis-Albert), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Directeur de la *Lumière électrique*, 142, rue de Rennes, à Paris, 6^e.
- Bède** (Émile), ancien Professeur à la *Faculté des Sciences* et à l'*École des Mines de Liège*, 10 et 11, square Gutenberg, à Bruxelles (Belgique).
- Beghin** (Auguste-J.-A.), Professeur à l'*École nationale des Arts industriels de Roubaix* (cours de Chimie, Physique générale, Électricité industrielle), 30, rue Saint-Antoine, à Roubaix (Nord).
- Begin** (l'abbé P.-A.), Professeur de Physique au *Collège de Sherbrooke*, à Sherbrooke (Canada).
- Belfis** (Georges-Frédéric), Stagiaire à la *Société alsacienne de Constructions mécaniques*, 22, rue de l'Industrie, à Belfort (Haut-Rhin).
- Belleville** (Jacques-Alphonse), Chef d'Usine à la *Société des Usines hydro-électriques des Hautes-Pyrénées*, à Villelongue (Hautes-Pyrénées).
- Bellini** (Hector), Ingénieur électricien, Docteur en physique, 4, rue du Vingt-Neuf-Juillet, à Paris, 1^{er}.
- Bellioli** (Eugène-Jean), 30, rue des Bons-Enfants, à Paris, 1^{er}.
- Bellon** (Jean-Joseph-Marie), Ingénieur à la *Société d'Éclairage Électrique de Cannes*, 3, rue d'Alger, à Cannes (Alpes-Maritimes).
- Bellet** (Arsène-Henri), Sous-Archiviste au Conseil d'État, 125, avenue de Paris, à Rueil (Seine-et-Oise). M. F.
- Bellet** (Louis-D.), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, ex-Ingénieur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, Ingénieur de la *Maison Bellot père et fils*, 3, boulevard Richard-Lenoir, à Paris, 11^e.
- Belugou** (Victor), Ingénieur en chef des Postes et des Télégraphes, 24, rue Bertrand, à Paris, 7^e.
- Benoist** (Georges), 169, boulevard Malesherbes, à Paris, 17^e.
- Benoit** (R.), Directeur du *Bureau international des Poids et Mesures*, Pavillon de Breteuil, à Sèvres (Seine-et-Oise). M. H.
- Bentley** (Sidney-Littledal), E. P. S. C^o, 4, Great Winchester Street, London E. C. (Angleterre).
- Bérard**, (René), Lieutenant de vaisseau en retraite, à Villadon, par Buzançais (Indre). M. P.

- Béranger** (Adrien-Fernand), Ingénieur E. S. E., 59, chemin d'Harly, à Saint-Quentin (Aisne).
- Berenguer** (Louis), Ingénieur, Fabricant de porcelaines, 207, Consejo de Ciento, à Barcelone (Espagne).
- Bergeon** (Paul), Ingénieur, Sous-Directeur de l'*Institut électrotechnique de Grenoble*, 44, rue de Turenne, à Grenoble (Isère).
- Berger** (Georges), Membre de l'Institut, Député de la Seine, Président de l'*Union centrale des Arts décoratifs*, Membre du Conseil supérieur des Beaux-Arts et du Conseil des Musées nationaux, Vice-Président du Conseil de perfectionnement du *Conservatoire national des Arts et Métiers*, Président de la *Société des Amis du Louvre*, 8, rue Legendre, à Paris, 17^e. M. F. M. D. M. P.
- Berger** (Maurice), Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Stagiaire à la *Société Industrielle des Téléphones*, 13, rue des Beaux-Arts, à Paris, 6^e.
- Bergeron** (Louis), Ingénieur électricien à la *Maison Farcot frères et Cie*, 17, rue de Pontoise, à Ermont (Seine-et-Oise).
- Bergès** (Gabriel), Constructeur électricien, *Maison Bisson, Bergès et Cie*, 38, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris, 9^e.
- Bergon** (Louis), Directeur au Ministère des Postes et des Télégraphes, en retraite, 9, rue de Condé, à Paris, 6^e. M. F.
- Bergonié** (Dr Jean-Alban), Professeur de Physique biologique et d'Électricité médicale à l'Université, Chef du Service d'Électricité médicale des hôpitaux, Rédacteur en chef des *Archives d'Électricité médicale*, 6 bis, rue du Temple, à Bordeaux (Gironde).
- Berland** (Louis), Ingénieur à la *Compagnie d'Électricité de l'Ouest-Lumière*, 3, quai National, à Puteaux (Seine).
- Bernard** (Adrien-Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, 22 ter, avenue Jacqueminot, à Meudon (Seine-et-Oise).
- Berne** (Joseph-Marie), *Maison J.-A. Berne*, fabricant de charbons pour l'électricité, 68 bis, rue de Lagny, à Montreuil-sous-Bois (Seine).
- Berrier** (Maurice), Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Ingénieur à la *Société l'Eclairage Electrique*, 23, rue de Saint-Vincent de Paul, à Paris, 10^e.
- Berthelot** (Daniel-P.-A.), Professeur à l'Université de Paris, 31, rue de Tournon, à Paris, 6^e.
- Berthet** (Marcel-Louis), Sous-Chef de plate-forme aux *Ateliers Thomson-Houston*, 15, rue Levert, à Paris, 20^e.
- Berthier** (Alfred-Louis), 4, rue de l'Industrie, à Belfort (territoire de Belfort).
- Berthon** (J.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur de la *Société d'Applications industrielles*, Administrateur de la *Compagnie d'Électricité de l'Est parisien*, 20, rue Lafayette, à Paris, 9^e.
- Berthon** (Louis-Alfred), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur de la *Société Industrielle des Téléphones*, 51, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris, 9^e. M. F.
- Bertin** (Henri), 19, rue Duvivier, à Paris, 7^e.
- Bertoye** (Louis), Ingénieur de la *Maison Fabius Henrion*, 10, rue Docteur Mazet, à Grenoble (Isère).
- Bertrand** (Emile-Louis), Ingénieur adjoint à la direction, de la *Compagnie des Chemins de fer de la Camargue*, 20, rue de Staël, à Paris, 15^e.
- Bertrand de Broussillon** (Henry-Xavier), 15, rue de Tascher, au Mans (Sarthe). M. P.
- Bertreux** (Henri), Ingénieur électricien, 9, avenue Allard, à Nantes (Loire-Inférieure).

- Besombes** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Concessionnaire de l'éclairage électrique à Moret-sur-Loing, Représentant de la *Société des anciens Établissements Luc, Court et C^{ie}*, Associé de la *Maison Besombes et Noël*, graveurs et estampeurs, 193, faubourg Poissonnière, à Paris, 9^e. M. P.
- Besseige** (Jean-Paul-François), Ingénieur aux *Ateliers d'Électricité de MM. Schneider et C^{ie}*, à Champagne-sur-Seine (Seine-et-Marne). .
- Besson** (Paul-Jules-Auguste), Ingénieur des Arts et Manufactures, Lauréat et ancien Membre du Comité de la *Société des Ingénieurs civils de France*, Administrateur délégué de la *Société Centrale de Produits Chimiques*, 59, rue Boissière, à Paris, 16^e.
- Bethenod** (Joseph-Frédéric-Julien), Ingénieur Conseil, 79, rue Saint-Louis-en-l'Île, à Paris, 4^e.
- Dickart** (Louis), Ingénieur, 116, rue de Courcelles, à Paris, 17^e.
- Bidet** (Victor-Alphonse), Ingénieur civil des Mines, 20, quai de la Mégisserie, à Paris, 6^e. M. P.
- Bidot** (Roger), Ingénieur (E. I. M.) breveté de la *Faculté de Marseille*, Ingénieur à la *Société Française d'Érlikon* (bureau de Marseille), villa Alsace-Lorraine, vallon de l'Oriol, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Bidwell** (Shelford), D^r F. R. S., « Beechmead » Oatlands Chase Weybridge (Angleterre). M. F. M. P.
- Bienvenu** (René-Édouard-Honoré), 10, rue Jacquemont, Paris, 9^e.
- Biles** (Prosper), Directeur de la *Compagnie centrale d'Éclairage et de Transport de force par l'Électricité*, 23, cours Jean-Penicaut, à Limoges (Haute-Vienne).
- Binet** (Paul), Capitaine d'Artillerie au 36^e régiment d'Artillerie, 45, avenue Croix-Morel, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- Bion** (Eugène-Louis-Joseph), Enseigne de vaisseau, Station des sous-marins, à Cherbourg (Manche). M. P.
- Biver** (Louis-P.-A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Sous-Inspecteur des appareils électriques de la voie à la *Compagnie de l'Est*, 16, rue Cuvier, à Paris, 5^e.
- Bizet** (Simon-Paul), Directeur général des stations centrales de la *Compagnie générale d'Électricité*, 47, rue des Mathurins, à Paris, 8^e.
- Blaché** (Paul-Louis-Auguste), Ingénieur de la *Société Française Sprague*, 12, boulevard Péreire, à Paris, 7^e.
- Blain** (Paul-Achille), Dessinateur à la *Compagnie Électro-Mécanique Brown-Beveri*, 9, rue de la Douane, à Paris, 10^e.
- Blaisse** (Laurent-Marie-Louis-Robert), 16, avenue d'Orléans, à Paris, 14^e.
- Blanc** (Edmond-Émile-Pierre), Ingénieur civil des Mines, Concessionnaire des *Mines de fer et manganèse du Jaur*, 22, avenue de la Gare, à Bédarieux (Hérault).
- Blanc** (Jacques), *Société des Lampes Volta*, 182, boulevard de la Villette, à Paris, 19^e.
- Blanchet** (Arthur), Ingénieur à la *Compagnie pour la fabrication des compteurs*, 10, rue Valentin-Haüy, Paris, 15^e. M. P.
- Blanchet** (Hector-Augustin), Ingénieur des Arts et Manufactures, Fabricant de papiers, *Maison Blanchet frères et Kléber*, à Rives (Isère).
- Blanchon**, Ingénieur, 43, rue des Dames, à Paris, 17^e.
- Blasberg** (Eugène), Directeur de l'*Usine de Langenargen*, à Fribourg (Grand-Duché de Bade).

- Blazy** (Albert), Administrateur de la *Société de Lille et Bonnières*, Administrateur de la *Société anonyme des Huiles et Graisses industrielles de Nanterre* (Seine), 11, place des Vosges, à Paris, 4^e.
- Blesson** (Jacques-André de), 45, avenue Trudaine, à Paris, 9^e.
- Bligny** (Joseph), Administrateur délégué de l'*Omnium français d'Electricité*, Concessionnaire ou Gérant de *Secteurs électriques*, 144, rue de Courcelles, à Paris, 17^e.
- Bloch** (D^r Adolphe), 24, rue d'Aumale, à Paris, 9^e.
- Bloch** (Emmanuel), Ingénieur principal de la *Maison Breguet*, 18, rue du Regard, à Paris, 6^e.
- Bloch** (Marcel-L.), Ingénieur des constructions civiles, Sous-Directeur de la *Banque transatlantique*, 27, rue Marbeuf, à Paris, 8^e.
- Bloch-Sée** (Alfred-Henri-François), Directeur Commercial de la *Société d'Électricité Mors*, 8, rue de Châteaudun, à Paris, 9^e.
- Blondeau** (Jules), Électricien, 15, passage Gourdon, à Paris, 14^e.
- Blondel** (André-Eugène), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur à l'*École nationale des Ponts et Chaussées*, 41, avenue de La Bourdonnais, à Paris, 7^e. M. P.
- Blondel** (Louis-André), de la *Maison Blondel et Crépin*, Constructeurs électriciens, 31 à 45, boulevard Baraban, à Amiens (Somme).
- Blondin** (J.), Professeur au *Collège Rollin*, Directeur technique de *La Revue électrique*, 171, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris, 9^e.
- Blot** (Paul-Émile), Capitaine d'Artillerie, *Direction de l'Artillerie de Terre*, à Brest (Finistère).
- Bochet** (Adrien-Claude-Antoine-Marie), Ingénieur en chef de la *Maison Harlé et C^{ie}*, Administrateur des *Chantiers et Ateliers Augustin Normand*, etc., Président de la *Société Internationale des Électriciens*, 2, rue Scheffer, à Paris, 16^e. M. P.
- Bochet** (Louis), Ingénieur de la *Maison Frédéric Fouché*, 7, rue de la Mairie, à Nogent-sur-Marne (Seine).
- Bodenstedt** (Friedrich-Arnold), Ingénieur 3, Cornéliustrasse, à Berlin W. 10 (Allemagne).
- Boireaux**, Lieutenant de vaisseau en retraite, à Herblay (Seine-et-Oise). M. F.
- Boisserand** (Philibert), Directeur de la *Station centrale d'Électricité de Compiègne*, 42, rue Blanche, à Paris, 9^e. M. P.
- Boistel** (Ernest), Ingénieur-Expert, Expert près les Cours et les Tribunaux de la Seine, 66, rue de Vaugirard, à Paris, 6^e. M. F.
- Boitel** (Louis-Albert), Professeur au *Lycée Lakanal*, 4, rue Houdan, à Sceaux (Seine).
- Bonaparte** (Prince Roland), Membre de l'Institut, 10, avenue d'Iéna, à Paris, 16^e.
- Bonfante** (F.), Ingénieur électricien, 190, boulevard Pereire, à Paris, 17^e. M. F.
- Bonneau** (Henri), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Chef adjoint de l'Exploitation des *Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée*, 21, boulevard Saint-Germain, à Paris, 5^e.
- Bonnet** (Joseph), Ingénieur des Arts et Manufactures, 16, avenue de la Grande-Armée, à Paris, 17^e.
- Bons** (Henri-Georges), Directeur de la *Compagnie du tramway d'Oran à Hammam-bou-Hadjar*, à Oran (Algérie).
- Bordé** (Paul-Alphonse), Ingénieur opticien, 99, boulevard Haussmann, à Paris, 8^e.
- Borderel** (Jean), Constructeur, 135, rue de Clignancourt, à Paris, 18^e.

- Bordet** (Lucien), ancien Inspecteur des Finances, Administrateur de la *Compagnie des Forges de Châtillon-Commentry*, 181, boulevard Saint-Germain, à Paris, 7^e. M. P.
- Bordier** (Gustave), Ingénieur à la *Société du Gaz et d'Électricité de Marseille*, 45, boulevard du Muy, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Boreau** (Gabriel), Ingénieur, Chef du Service technique de la *Maison Fabius Henrion*, 8, avenue de la Garenne, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Borel** (Charles-François), Docteur ès sciences, à Cortaillod (Suisse).
- Borel** (Dr François), Ingénieur, à Cortaillod (Suisse). M. F.
- Borel** (Hermann-II.), Ingénieur à la *Société anonyme Westinghouse*, 71, rue de Chaillot, à Paris, 8^e.
- Borges** (F.-Julio), Agronome, *Avenida Dona Amelia*, 92-3^o D, à Lisbonne (Portugal). M. F.
- Boris** (Rolland), Ingénieur de la Marine à la Section Technique des Constructions Navales au Ministère de la Marine, 2, rue de la Muette, à Paris, 16^e.
- Bornand** (Edgard-Louis), Ingénieur, 32, Rue Tronchet, à Paris, 9^e.
- Borrel** (Georges-Arsène), Horloger mécanicien électricien, 7, rue Froissart, à Paris, 3^e.
- Bosscha** (J.), Secrétaire perpétuel de la *Société hollandaise des Sciences*, à Harlem (Pays-Bas). M. F.
- Bouchard** (Pierre-Joseph), Ingénieur aux *Chantiers de la Buire* à Lyon, avenue Victor-Hugo, à Tassin (Rhône).
- Bouchède** (Jean), ancien Directeur des Postes et des Télégraphes, rue d'Albret, à Foix (Ariège).
- Boucher** (Ant.), Ingénieur, à Prilly, canton de Vaud (Suisse).
- Boucherot** (Paul), Ingénieur-Conseil, Professeur à l'*École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris*, 64, boulev. Auguste-Blanqui, à Paris, 13^e. M. P.
- Bouchet** (Maurice-René), Ingénieur des Arts et Manufactures, 22, rue Alphonse-de-Neuville, à Paris, 17^e.
- Bouchon**, Ingénieur à la *Société électrique*, 52 bis, rue des Martyrs, à Paris, 9^e.
- Boudineau** (André), 59, rue Saint-Antoine, à Paris, 4^e.
- Boudreaux** (Louis-François-Joseph), Fabricant de clichés galvanoplastiques, Président du *Syndicat des Galvanoplastes*, 8, rue Hautefeuille, à Paris, 6^e.
- Bouette** (William-Eugène), Sous-Directeur de la *Société anonyme Westinghouse*, 22, route de la Hève, à Sainte-Adresse (Seine-Inférieure).
- Bouget** (R.-L.-M.), Ingénieur-électricien, rue Émile-Cossé, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Bouguié** (René), 27, rue de la Muette, à Maisons-Laffitte (Seine-et-Oise).
- Bouillard** (Georges-Léon-Émile), Ingénieur en chef de l'*Exploitation du Chemin de fer de Pékin à Han-Kéou*, Poste française, à Pékin (Chine).
- Bouju** (Georges-Jean), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 14, rue Ernest-Renan, à Paris, 15^e.
- Boulanger** (Julien), Colonel du Génie, en retraite, 2 bis, rue Gagnereaux, à Dijon (Côte-d'Or). M. P.
- Boulardet** (Émile-Louis), Ingénieur, 63, rue Manin, à Paris, 19^e.
- Boulitte** (Georges), Ingénieur-Constructeur, 7, rue Linné, à Paris, 5^e.
- Bouquet** (Robert-P.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 8, pont de Moret, à Moret-sur-Loing (Seine-et-Marne).
- Bour** (Paul), Ingénieur en chef de la *Société pour la transmission de la force par l'Électricité*, 2, rue Greuze, à Paris, 16^e.

- Bourdel** (J.-M.-A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur, Chef des Services électriques et mécaniques de l'*Entreprise générale du Chemin de fer des Alpes bernoises (Berne-Lätschberg-Simplon)*, 23, rue Saint-Pierre, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Bourgeois** (René-Jean-Marie-Joseph), E. P., E. S. E., Ingénieur à la *Société industrielle des Téléphones* (Service des câbles), 26, avenue de Mézières, à Charleville (Ardennes).
- Bourgue** (A.), Ingénieur de la *Manufacture parisienne d'Appareillage électrique*, 143, boulevard Murat, à Paris, 16^e.
- Bourguignon** (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef de Travaux à l'*École supérieure d'Électricité*, 14, rue du Val-de-Grâce, à Paris, 6^e.
- Bourrellis** (Lucien-Louis-Guillaume), Ingénieur à l'*Énergie électrique du Littoral méditerranéen*, à Ventavon (Hautes-Alpes).
- Boursault** (Henri-Alexandre-Octave), Ingénieur du *Service des Eaux et du Laboratoire au Chemin de fer du Nord*, 59, rue des Martyrs, à Paris, 9^e. M. F.
- Boursy** (Maurice), 6, place de Rennes, à Paris, 6^e.
- Boury** (André), Ingénieur aux *Ateliers Thomson-Houston*, 16, rue Jeanne-Hachette, à Paris, 15^e.
- Boussion** (Roger), Ingénieur E. S. E., Attaché à la *Compagnie pour l'Éclairage des Villes*, 14, boulevard Pasteur, à Paris, 15^e.
- Boutan** (Auguste), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur délégué de la *Compagnie du Gaz de Lyon*, 3, quai des Célestins, à Lyon (Rhône).
- Bouthillon** (Léon-Pierre-Narcisse-Émile), Ingénieur des Télégraphes, 54, rue Saint-Dominique, à Paris, 7^e.
- Boutin** (Maurice), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur Assistant de *M. A. Blondel*, 11, rue Henri-Martin, à Paris, 16^e.
- Boutrais** (Lucien), Attaché au laboratoire de la *Maison Carpentier*, 68, avenue Bosquet, à Paris, 7^e.
- Bouty** (E.), Membre de l'Institut, Professeur à la *Faculté des Sciences de Paris*, 5, rue du Faubourg-Saint-Jacques, à Paris, 14^e. M. P.
- Bouvier** (Ad.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Licencié ès Sciences physiques. Ingénieur au bureau de *M. Th. Vautier*, 46, rue Centrale, à Lyon; domicile : 25, avenue Noailles, à Lyon (Rhône).
- Bouvier** (Alfred), Électricien, 21, rue Joinville, à Laval (Mayenne).
- Bouvier** (Charles-Cyrille), Ingénieur des *Manufactures de l'État*, Directeur des *Services électriques du Ministère des Finances*, 7, rue de la Pompe, à Paris, 16^e.
- Boy de la Tour** (Henri), Ingénieur en chef du Service électrique de la *Compagnie de Fives-Lille*, 64, rue Caumartin, à Paris, 9^e.
- Braby** (Ivon), Ingénieur électricien, M. I. E. E., Helena Alan Road Wimbledon, à Londres (Angleterre). M. P.
- Brachet** (Henri), Sous-Directeur de la *Compagnie d'éclairage électrique du secteur des Champs-Élysées*, 8, rue Gustave-Flaubert, à Paris, 17^e. M. F.
- Brachotte** (Arsène-Victor), Ingénieur, Attaché à la Direction générale des *Glaceries de Saint-Gobain* (Service technique), 1 bis, place des Saussaies, à Paris, 8^e.
- Brait de la Mathe** (Étienne-Gaston), de la *Maison B. de la Mathe et C^{ie}*, usine de Gravelle, à Saint-Maurice (Seine).
- Brancion** (Louis-Marie-Josseran de), Ingénieur, 5, place Saint-Michel, à Paris, 5^e.

- Branly** (Édouard), Docteur ès Sciences, Docteur en Médecine, 21, avenue de Tourville, à Paris, 7^e. M. F.
- Bratman** (Ferdinand), Ingénieur en chef de la *Société Roumaine d'Electricité A.E.G.*, 1, Fundatunea Carol, à Bucarest (Roumanie).
- Brault** (Camillo), Ingénieur civil des Mines, 73, boulevard Haussmann, à Paris, 8^e. M. P.
- Breguet** (Jacques), Ingénieur en chef des Services techniques aux Ateliers de Douai de la *Maison Breguet*, 18, rue François-Cuvette, à Douai (Nord).
- Breguet** (Louis-Charles), Ingénieur-Conseil, Administrateur de la *Maison Breguet*, 4, rue Legendre, à Paris, 17^e, et 31, rue Morel, à Douai (Nord).
- Bremond** (Georges), 15, rue Dareet, à Paris, 17^e.
- Brénot** (Maxime-Charles), Sous-Directeur de l'*Usine centrale du Secteur de la rive gauche*, 41, quai d'Issy, à Issy-les-Moulineaux (Seine).
- Brés** (Henry), Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'*École supérieure d'Electricité*, Ingénieur à l'*Energie électrique du Littoral méditerranéen*, 22, boulevard Victor-Hugo, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Bressot** (Joseph), Directeur des *Tramways électriques de l'Yonne*, 34, rue Alexandre-Marie, à Auxerre (Yonne).
- Briaudet** (Albert), Sous-Lieutenant de réserve, Ker-Arlette, à Port-Louis (Morbihan).
- Brillié** (Lucien-Victor), Ingénieur électricien, 64, boulevard Bineau, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Brillouin** (André), Ingénieur-Conseil, 92, boulevard Haussmann, à Paris, 8^e.
- Brillouin** (Marcel), Professeur au *Collège de France*, 31, boulevard du Port-Royal, à Paris, 13^e.
- Brisson** (Henri-Louis), Directeur de la *Société d'entreprises électriques*, à Genève, 106, rue de Longchamps, à Paris, 16^e.
- Brissaud** (Jean-Abel), Ingénieur, Directeur de la *Société des Forces motrices de l'Agoût*, 26, place Nationale, à Castres (Tarn).
- Brito** (Alfredo de), Constructeur électricien, Président de l'*Association des Ingénieurs mécaniciens portugais*, Directeur des Services techniques et fabriques de la *Compagnie de Filature et Tissage Lisboneuse*, 52 à 74, rua de Santo-Antonio-dos-Capuchos, à Lisbonne (Portugal).
- Broca** (Dr André), Agrégé de la Faculté de Médecine, 7, cité Vaneau, à Paris, 7^e.
- Brocq**, Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la Succursale de la *Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz*, 18, boulevard de Vaugirard, à Paris, 15^e.
- Brouard** (Jean-Louis-Jules), Ingénieur, Service Commercial des Constructions électriques de *M.M. Schneider et Cie*, 42, rue d'Anjou, à Paris, 8^e.
- Brugnaud**, Contrôleur des Télégraphes, en retraite, 63, rue Pasteur, à Dôle (Jura).
- Bruhl** (Paul), Négociant, 57, rue de Châteaudun, à Paris, 9^e.
- Brulé** (Henri-Victor), Constructeur mécanicien, Gérant de la *Société H. Brulé et Cie*, 31, rue Boinod, à Paris, 18^e.
- Brüll** (Achille), Ingénieur civil, ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils de France*, 117, boulevard Malesherbes, à Paris, 8^e.
- Brun** (Daniel-Joseph-Allain-Raoul), Ingénieur des Arts et Manufactures, Attaché aux Etablissements de *M.M. Schneider et Cie*, 8, boulevard Magenta, à Paris, 9^e.
- Brune** (Paul), Ingénieur aux *Ateliers Thomson-Houston*, 171, boulevard de la Liberté, à Lille (Nord).

- Brunel** (Honoré-Paul-François), 11, rue Brown-Séguar, à Paris, 15°.
- Brunet** (Albert), Directeur de la *Fabrique des Piles Delafon*, 128, rue de la Convention, à Paris, 15°.
- Bruneteau** (Marcel-Georges), Ingénieur constructeur, *Maison Luminais, Bruneteau et C^{ie}*, 9, rue Dubreil, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Bruni** (Alvezio), Ingénieur à la *Société italienne d'Electricité Siemens-Schuckert*, 26, via Vittoria, à Milan (Italie).
- Brunswick** (Ernest-Jacques-Léon), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur en chef de la *Maison Breguet*, 1, rue Alphonse-Daudet, à Paris, 14°.
- Brylinski** (Émile), Directeur de la *Société « Le Triphasé »*, 5, avenue Teissonnière, à Asnières (Seine). M. P.
- Bucquet** (Henri), Ingénieur à la *Société Le Détective*, 13, rue du Cherche-Midi, à Paris, 6°.
- Budeanu** (Constantin), 8, rue Rozelor, à Bucarest (Roumanie).
- Buffet** (Ernest), Ingénieur, 75, avenue de la Grande-Armée, à Paris, 17°.
- Buisson** (Henri), Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille, à Marseille (Bouches-du-Rhône). M. P.
- Bullier** (Gabriel-Alfred), Ingénieur, 3, rue Béliorient, à Saint-Brieuc (Côtes-du-Nord).
- Bumsel** (Henri), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Electricité*, 18^e Section de G. O. A., à Bordeaux-Brienne (Gironde).
- Bunet** (Paul), Ingénieur en chef aux *Ateliers Thomson-Houston*, 59, boulevard Pasteur, à Paris, 15°.
- Bureau** (Henri), 2, rue Mizon, à Paris, 15°.
- Burton** (Charles), Administrateur délégué de la *Compagnie égyptienne Thomson-Houston*, 13, rue Soliman-Pacha, au Caire (Égypte).
- Busilâ** (Constantin-D.), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Ingénieur électricien. Sous-Chef du Service de la construction et d'exploitation du port de Constantza. à Constantza (Roumanie).
- Busson** (Victor), Constructeur électricien, 65, rue de Bretagne, à Paris, 3°.
- Butaud** (Jean), Ingénieur électricien, Fabricant d'accumulateurs électriques, 23, rue Charles-Fourier, à Paris, 13°.
- Cabaret** (André-Louis-Marie), Ingénieur E. S. E., 6, rue du Gué-de-Maulny, au Mans (Sarthe).
- Cabirau** (Henri-François), à Monte-Carlo (Principauté de Monaco).
- Cabral** (Paul-Benjamin), Inspecteur général des Télégraphes du Portugal, Professeur d'Électrotechnie à l'*Institut industriel de Lisbonne*, 20, rua do Duque de Bragança, à Lisbonne (Portugal).
- Cacheux** (Achille-Félix), Ingénieur électricien, 102, chaussée d'Etterbeek, à Bruxelles (Belgique).
- Cadiot** (E.-H.), Constructeur électricien, 12, rue Saint-Georges, à Paris, 9°. M. F.
- Cahan** (Armand), ancien Élève de l'*École Polytechnique* et de l'*École supérieure d'Electricité*, Ingénieur à la *Société coopérative des Fonderies, Laminiers et Tréfileries de Rugles*, 79, avenue de Villiers, à Paris, 17°.
- Cahen** (Louis-David), Ingénieur des Télégraphes, 199, boulevard Raspail, à Paris, 6°.
- Cahan** (Marcel), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur à la *Maison Giros et Loucheur*, 42, avenue Niel, à Paris, 17°.

- Cailhava** (Édouard), Ingénieur civil, 8, cours de Gourgues, à Bordeaux (Gironde).
- Cailho**, Ingénieur des Télégraphes, Ingénieur chef du *Service électrique des Chemins de fer de l'État*, 23, rue Rémusat, à Paris, 16^e. M. P.
- Caillavet** (Léon-J.), Ingénieur électricien, 18, rue Lecerf, à La Varenne-Saint-Hilaire (Seine).
- Cailletet**, Membre de l'Institut, 75, boulevard Saint-Michel, à Paris, 5^e.
- Caire** (Adolphe), (E.S.E.P.) ancien élève de l'École Polytechnique, 15, rue Michel-Ange, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Calinaud** (Jacques), 20, rue de la Glacière, à Paris, 14^e.
- Calmettes** (Gabriel-Émile), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la *Compagnie de Locations électriques*, Directeur de la *Compagnie générale de Lumière et de Traction*, 28, rue de Turin, à Paris, 8^e.
- Calvé** (Fernand-Christophe), Ingénieur chef du service de la voie, des accès et du matériel fixe électrique à la *Compagnie du Chemin de fer métropolitain de Paris*, 4, rue de Sfax, à Paris, 16^e.
- Calpanakis** (Anastase), 11, rue Monge, à Paris, 5^e.
- Canart** (Léon-Jules-Auguste), Ingénieur-Directeur de l'*Omnium électrique de Rouen*, 84, rue de la Grosse-Horloge, à Rouen (Seine-Inférieure).
- Cance** (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, 159, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris, 9^e.
- Cance** (Alexis), Ingénieur électricien, 5, rue Saint-Vincent-de-Paul, à Paris, 10^e.
- Canet** (Paul-Adolphe), Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 22, rue Octave-Feuillet, à Paris, 16^e. M. P.
- Cannes** (Ilia), Ingénieur-Constructeur, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 408, Manhattan avenue, à New-York City (U. S. A.).
- Cannic** (Alexis), Capitaine d'Artillerie coloniale, à la *Fonderie de la Marine*, à Ruelle (Charente).
- Cantelaube** (Paul), Ingénieur électricien, 29, rue du Marché, au Vésinet (Seine).
- Cany** (Georges-Xavier), Ingénieur à la *Société française d'Électricité A. E. G.*, 42, rue de Paris, à Gennevilliers (Seine).
- Caplong** (Émile), Ingénieur, à Pointis-Inard (Haute-Garonne).
- Caraman** (Ernest de), Capitaine d'Artillerie, 3, avenue de l'Alma, à Paris, 8^e.
- Cardot** (Abel), Conseiller à la Cour d'appel, 5, rue de Tanger, à Alger (Algérie). M. F.
- Carnot** (Jean), Ingénieur civil des Mines, 11, chaussée de la Muette, à Paris, 16^e.
- Carpentier** (J.), Ingénieur-Constructeur, Membre de l'Académie des Sciences, Membre du Bureau des Longitudes, 34, rue du Luxembourg, à Paris, 6^e. M. F. M. D. M. P.
- Carpentier** (Jean), aux *Ateliers Carpentier*, 2, rue de Fleurus, à Paris, 6^e.
- Carré** (Charles-Léon), Ingénieur, 10, rue du Figuier, à Paris, 4^e.
- Casas** (L.-R.), Ingénieur civil, 68, boulevard de Picpus, à Paris, 12^e.
- Cassegrain** (Fernand), Ingénieur à la *Maison Harlé et C^{ie}*, 11, avenue Rapp, à Paris, 7^e.
- Castan** (Adrien), Ingénieur civil, à Montauban (Tarn-et-Garonne). M. F.
- Castanheira das Neves** (J.-P.), Ingénieur en chef du corps du Génie civil, ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils de Portugal*, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, rua do Salitre, 405-3^o, à Lisbonne (Portugal). M. F.
- Cathiard** (Georges-André-Marcel), 45, rue de Boulainvilliers, à Paris, 16^e.

- Cattaneo** (Commandeur Robert), Administrateur délégué della *Società di Montepioni*, 51, via Ospedale, à Turin (Italie). M. F.
- Caudrelier** (Esprit), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Attaché à la *Compagnie parisienne de Distribution d'Électricité*, 181, rue de Courcelles, à Paris, 17^e.
- Caussin de Perceval** (Marie-Albert), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 3, rue Alexandre-Lange, à Versailles (Seine-et-Oise). M. P.
- Cellerier** (Jean-Fernand), Directeur du *Laboratoire d'essais au Conservatoire national des Arts et Métiers*, 292, rue Saint-Martin, à Paris, 3^e.
- Cervera y Jacome** (Louis), Directeur de la *Sociedad general Gallega de Electricidad*, au Ferrol (Espagne). M. P.
- Chabert** (François-Max), Ingénieur électricien (E. S. E. P.), 47, rue de Rome, à Paris, 8^e.
- Chabert** (Léon), 38, rue Juliette-Lamber, à Paris, 17^e. M. F.
- Chaboche** (Edmond), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 30, rue de la Tour-d'Auvergne, à Paris, 9^e.
- Chabot** (Louis), Ingénieur à la *Compagnie Générale de distribution d'énergie électrique*, 2, avenue Dubois, à Vitry-sur-Seine (Seine).
- Chabrié**, Professeur à la *Faculté des Sciences*, 83, rue Denfert-Rochereau, à Paris, 14^e.
- Chalmel** (Marie-Henri), Capitaine d'Artillerie, 27, boulevard Cotte, à Enghien-les-Bains (Seine-et-Oise).
- Chalon** (Marie-Paul-André), Ingénieur stagiaire aux *Ateliers Thomson Houston*, 3, rue César-Franck, à Paris, 15^e.
- Chambost** (Pierre-Jules-Eugène-Édouard), 29, rue Murillo, à Vanves (Seine).
- Chamon** (Gabriel), Administrateur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 31, rue Claude-Vellefaux, à Paris, 10^e.
- Chapat** (Charles), Directeur d'usines à gaz, Président du *Tribunal de Commerce*. Membre de la *Chambre de Commerce du Lot-et-Garonne*, à Marmande (Lot-et-Garonne). M. P.
- Chapelle** (Paul-Alphonse-Jules), Ingénieur à la *Société l'Éclairage électrique*, 59, boulevard Victor, à Paris, 15^e.
- Chardin** (André), 38, rue Saint-Sulpice, à Paris, 6^e.
- Chardin** (Charles), Ingénieur électricien, 5, rue de Châteaudun, à Paris, 9^e.
- Charlot** (Étienne), Ingénieur, Directeur de la *Station centrale d'Électricité de Dijon*, 24, rue Saint-Philibert, à Dijon (Côte-d'Or).
- Charpentier** (Henri), Ingénieur de 1^{re} classe de la Marine, à l'Arsenal, à Brest (Finistère).
- Charpentier** (Paul), Ingénieur électricien, 9, boulevard Carnot, à Belfort (Territoire de Belfort).
- Chassériaud** (René-Paul), Ingénieur, ancien élève de l'École Polytechnique, Rédacteur en chef de la *Lumière électrique*, 142, rue de Rennes, à Paris, 6^e. M. P.
- Chateau** (Paul-Luc), Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur, Sous-Directeur de la *Société française d'Éclairage et de Traction électriques de Shanghai*, 4, quai du Tong-King-Pang, à Shanghai (Chine).
- Chaufour** (Eugène), Ingénieur électricien, E. C. P., 134, avenue Wagram, à Paris, 17^e.
- Chaumat** (Henri), Sous-Directeur de l'*École supérieure d'Électricité*, 26, rue Ernest-Renan, à Paris, 15^e.
- Chaussonot** (Henri), Ingénieur-Conseil électricien, Administrateur de la *Compagnie d'Exploitations et de Travaux industriels*, Administrateur de la *Société industrielle de Tarn-et-Garonne*, 11, rue Duperré, à Paris, 9^e.

- Chauvassaignes**, Ingénieur des Postes et des Télégraphes, Château de Mirefleurs, les Martres-de-Veyre (Puy-de-Dôme). M. F. M. P.
- Chauvin** (Raphaël), Ingénieur, Constructeur d'appareils de mesures électriques, 186, rue Championnet, à Paris, 18^e.
- Chedeville** (Edmond), Ingénieur électricien (E. S. E.), 4, rue Alboni, à Paris, 16^e.
- Cheilletz** (Gaston), rue Edme-Guillout, à Paris, 15^e.
- Chelminski** (Louis-Albin de), Ingénieur électricien diplômé de l'*Institut électrotechnique de Saint-Petersbourg* et de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur et co-propriétaire de la *Maison Kzywinski. Bobroff. Chelminski*, 1, Basseinaïa, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Chemin** (Eugène-Amédée), Ingénieur (E. S. E.), à la *Société d'Electricité A. E. G.*, 12, rue Meynadier, à Paris, 19^e.
- Chêneveau** (Charles), Docteur ès Sciences, Chef de travaux pratiques de Physique à l'*École de Physique et de Chimie*, 229, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris, 8^e.
- Chéron** (Théophile), Ingénieur électricien diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 54, rue Secrétan, à Paris, 18^e.
- Cheronnet** (Maurice), Ingénieur des Arts et Manufactures, 164, rue de Courcelles, à Paris, 17^e.
- Cheurlot** (Pierre), 48, avenue Marceau, à Paris, 8^e.
- Chevalier** (Léon), Capitaine d'Artillerie à l'*École d'application de l'Artillerie et du Génie*, à Fontainebleau (Seine-et-Marne).
- Chevallier** (Charles-Henry), Sous-Directeur du *Laboratoire d'Électricité industrielle* à la Faculté des Sciences de Bordeaux, 8, rue Villedien, à Bordeaux (Gironde).
- Chevrier** (Louis-Georges), Directeur de l'*Usine centrale du Secteur électrique de la Rive gauche de Paris*, 39, quai d'Issy, à Issy-les-Moulineaux (Seine).
- Chillaz** (J.-L.-M. de), Capitaine d'Artillerie, *Ateliers de construction*, à Tarbes (Hautes-Pyrénées).
- Chireix** (Henry-Constant), 34, rue Guillaume-Tell, à Paris, 17^e.
- Chotard** (Eugène), Ingénieur électricien (A. M. et E. S. E.) au Bureau des études de la *Maison Harlé et Cie*, 70, rue de Meaux, à Paris, 19^e.
- Choulet** (Louis), Ingénieur de la *Société Pyrénéenne d'Énergie électrique*, 28, rue Laffargue, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Chrétien** (Henri), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Chef du Service d'Astrophysique de l'Observatoire de Nice, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Chrétien** (Paul-Charles), Inspecteur de l'éclairage électrique de la Ville de Paris, 15, rue de Boulainvilliers, à Paris, 16^e.
- Clamond** (C.), Ingénieur électricien, 15, rue Picot, à Paris, 16^e. M. F.
- Claparède** (Emmanuel), Ingénieur électricien, Directeur-Propriétaire de la *concession d'éclairage électrique de Bédarrides*, à Bédarrides (Vaucluse).
- Claude** (Georges), Ingénieur, 30, rue Boissière, à Paris, 16^e.
- Cleghorn** (John), South View North Common Road, Ealing W. (Angleterre). M. F.
- Clément** (Célestin-Henri), ancien élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur électricien diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Représentant d'entreprise de Travaux publics, 24, avenue de Paris, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Clerc** (François-Alexandre-Amédée), Ingénieur-Conseil de la *Société des Acières de Paris et Autreau* et de la *Société d'Électrochimie*, 8, rue Cardinet, à Paris, 17^e.
- Clerc** (Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, Fondateur et Chef de l'Exploitation

- du *Secteur Edison* de 1887 à 1908, Ingénieur-Conseil, 83, rue du Temple, à Paris, 3^e. M. F.
- Cléry-Melin** (Eugène), Ingénieur à la *Compagnie Centrale de Chemins de fer et de Tramways*, Directeur des Tramways d'Elbeuf, à Elbeuf (Seine-Inférieure).
- Clifton** (Robert-Bellamy), F. R. S., Professor of experimental Philosophy in the University of Oxford, 3, Bardwell road, Banbury road, à Oxford (Angleterre). M. F. M. P.
- Clin** (Édouard-Émile), Ingénieur aux *Usines du Pied-Selle* (chauffage électrique), à Fumay (Ardennes).
- Closset** (Émile), Ingénieur, 26, rue Saint-Jean, à Bruxelles (Belgique). M. F.
- Cochin** (Jean-Pierre-Denis-Marie), Lieutenant de Vaisseau commandant l'*Alose*, Station des Sous-Marins, à Toulon (Var).
- Codry** (Pierre-Eugène), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur de la *Maison Becker*, 150, boulevard du Montparnasse, à Paris, 14^e.
- Cohen** (Edouard), 45, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris, 7^e.
- Cohen-Jonathan** (Salomon), Ingénieur électricien, 2, impasse de la Révolution, à Alger (Algérie).
- Colusse** (Edmond-Magloire), Électricien, 21, avenue du Chemin-de-Fer, à Avon (Seine-et-Marne).
- Combemale** (Henri-Jules), Licencié ès Sciences, 94, boulevard Flandrin, à Paris, 16^e.
- Compagnie centrale d'Éclairage par le Gaz**, 26, rue de Londres, à Paris, 9^e. M. P.
- Compagnie du gaz de Lyon**, 7, rue de Savoie, à Lyon (Rhône).
- Compagnie électrique de la Loire**, 69, rue Miromesnil, à Paris, 8^e.
- Compagnie houillère** (le Directeur de la), à Bessèges (Gard). M. F.
- Compagnie Parisienne de l'Air comprimé**, 54, rue Étienne-Marcel, à Paris, 2^e.
- Comte** (Pierre), 10, rue de la Cerisaie, à Paris, 4^e.
- Coninck** (Marcel-Raymond de), 18, rue de Grenelle, à Paris, 7^e.
- Constans** (André), 32, avenue du Parc-Montsouris, à Paris, 14^e.
- Constantin** (Louis-Joseph), Directeur de la *Société espagnole d'Électricité Alioth*, Galdo, 2, à Madrid (Espagne).
- Coqblin** (Henri-Jules-Albert), Ingénieur des Constructions civiles, Chef de Section à la *Compagnie des Chemins de fer P.-L.-M.*, à Frasne (Doubs).
- Coquelet** (Ernest), Ingénieur chez *M. Hamm*, 15, rue de la Banque, à Paris, 2^e.
- Cordier** (Ferdinand), Chef d'escadron d'Artillerie, Chef du Service de l'*Atelier de précision à la Section technique d'Artillerie*, 1, place Saint-Thomas-d'Aquin, à Paris, 7^e.
- Cordier** (Gabriel), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Administrateur délégué de la *Société Énergie électrique du Littoral méditerranéen*, 3, rue Moncey, à Paris, 9^e.
- Cordin** (Georges), Ingénieur électricien, 10, rue Poulet, à Paris, 18^e.
- Cornabat** (René), Ingénieur électricien aux Ateliers de la Société l'*Éclairage électrique*, 54, rue Lecourbe, à Paris, 15^e.
- Cornet** (J.), Constructeur d'instruments d'optique et d'électricité médicales, 66, rue de Rennes, à Paris, 6^e.
- Cornier** (Edmond), Directeur de la *Société anonyme Omnium d'installations électriques*, 61, rue Fosse-aux-Chênes, à Roubaix (Nord).
- Cornillaux** (Alexandre-Victorien), 155, rue de Paris, à Vanves (Seine).

- Cornuault** (André), Ingénieur de la *Compagnie Continentale pour la fabrication des Compteurs*, 4, rue Wéber, à Paris, 16^e.
- Cornuault** (Émile), ancien Président de la Société des Ingénieurs civils de France, Administrateur de la *Société du Gaz de Paris*, de la *Société du Gaz de la Banlieue de Paris* et de la *Société du Gaz et de l'Électricité de Marseille*, Président d'honneur du *Syndicat de l'Industrie du gaz en France*, 4, rue Jean-Goujon, à Paris, 8^e.
- Cosmovici** (Alexandre-C.), Ingénieur E. C. P., Ingénieur en chef, Sous-Chef du Service des ateliers et de la traction des *Chemins de fer de l'État roumain*, 10, Strada Melodie, à Bucarest (Roumanie). M. F.
- Cosserat** (François), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef à la *Compagnie des chemins de fer de l'Est*, 36, avenue de l'Observatoire, à Paris, 14^e.
- Cosson** (Gustave-Émile), Ingénieur électricien, 38, boulevard de Courbevoie, à Courbevoie (Seine).
- Costa** (Joseph), Ingén.-Expert, 1, rue Montgrand, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Côte** (Eugène-François), Fondateur et Rédacteur en chef de la *Houille blanche*, 24, rue Sully, à Lyon (Rhône).
- Cottard** (Jean-Baptiste), Ingénieur, *Ateliers d'électricité de MM. Schneider et Cie*, à Champagne-sur-Seine (Seine-et-Marne).
- Cottavoz** (Joseph), Directeur de l'*Usine centrale de l'Est-Lumière*, quai de Seine, à Alfortville (Seine).
- Couade** (Maurice), Capitaine d'Artillerie, Membre de la Commission d'études pratiques d'Artillerie de côte, à Toulon (Var).
- Couillard** (Léon), Ingénieur électricien, 5, rue du Parc, à Saint-Mandé (Seine).
- Coulon** (Rodolphe de), Ingénieur de la *Société Générale de Condensateurs électriques*, à Fribourg (Suisse).
- Coulon** (R. de), Ingénieur électricien, Fabrica Uruguay-Concordia (Entre-Rios) (République Argentine). M. F. M. P.
- Courbier** (J.), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Licencié en droit, Ingénieur-Conseil, 40, quai Gailleton, à Lyon (Rhône).
- Courjon** (D^r A.), à Meyzieu (Isère). M. F.
- Courquin** (abbé Art.-J.), Professeur de filature à l'*École industrielle*, à Tourcoing (Nord). M. F.
- Courtet** (abbé Léopold-Marie), Aumônier à Chaudebeuf, par Saint-Hilaire-des-Landes (Ille-et-Vilaine). M. F.
- Courtois** (Gabriel), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de l'usine des constructions électriques de la *Société industrielle des Téléphones*, 40, rue Ribéra, à Paris, 16^e.
- Courtot** (Alfred-Pierre), Adjoint à la *Direction de la Compagnie Générale électrique*, 12, rue Michelet, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Cousin** (Émile-Félix), Ingénieur à la *Compagnie d'Éclairage électrique du Secteur des Champs-Élysées*, 75, avenue Wagram, à Paris, 17^e.
- Coutelier** (Louis-Alexis), ancien Élève de l'*École pratique d'Électricité industrielle*, 30, rue des Trois Forgerons, à Dijon (Côte-d'Or).
- Couteux** (Léon), 57, rue des Archives, à Paris, 3^e. M. F.
- Couvreur** (Abel), 78, rue d'Anjou, à Paris, 8^e.

- Coze** (André), Directeur de la *Société d'Éclairage par le gaz de la Ville de Reims*, Administrateur de la *Société des usines à gaz du Nord et de l'Est*, Vice-Président du *Syndicat professionnel de l'Industrie du gaz*, 10, rue du Grenier-à-Sel, à Reims (Marne).
- Creighton** (Elmer E.-F.), Electrical Engineer, Engineer of Experimental Dept. Stanley Elec. M. F. G. Co, Union University, Schenectady N. Y. (États-Unis).
- Croiset** (A.-C.-H.), 13, rue Cassette, à Paris, 6^e.
- Grouzat** (Pierre), Ingénieur à la *Société d'Éclairage, gaz et électricité*, à Biarritz (Basses-Pyrénées).
- Crovisier** (Charles-Gaston), Ingénieur aux Domaines de l'État, à Korachieh (Égypte).
- Cruchon** (Louis), Enseigne de vaisseau, 4, rue Treillhard, à Paris, 8^e.
- Cuau** (Charles-Ernest), Ingénieur civil des Mines, 17, boulevard Pasteur, à Paris, 15^e.
- Cunéo d'Ornano** (Napoléon-Louis-François-Gustave), Ingénieur E. S. E., Directeur technique du *Secteur électrique des vallées de la Seine et de l'Epte*, 39, avenue Kléber, à Paris, 16^e.
- Curchod** (Adrien), Ingénieur de la *Compagnie électromécanique*, 8, rue de la Pépinière, à Paris, 8^e.
- Da** (Joseph-Marie-Marcel), ancien Élève de l'École polytechnique, Diplômé de l'*Ecole supérieure d'Électricité*, Attaché à la direction de la *Société des Forges de Requinies*, 80, boulevard Haussmann, à Paris, 8^e.
- Dachary** (Charles-Dominique), Ingénieur électricien, Licencié ès Sciences, Ingénieur à la *Gare de Mont-de-Marsan*, à Mont-de-Marsan (Landes).
- Daguerre** (Hector-Louis), Directeur de la *Société Nord-Lumière*, 12, rue de Port, à Clichy (Seine).
- Dain** (Henri), Secrétaire général de la *Société Lefebvre et Cie*, 17, rue Alphonse de Neuville, à Paris, 17^e.
- Dalémont** (Julien), 128, Stanley Street, à Montréal (Canada).
- Damien** (B.-C.), Professeur à la *Faculté des Sciences de Lille*, à Lille (Nord).
- Damoiseau** (Jean-Baptiste-Gaston), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Société anonyme de Locomotion électrique*, 23, rue du Conseil, à Asnières (Seine).
- Daniell** (Francis-W.-B.), M. I. E. E., care of M. M. Hickie, Borman and Co, 14, Waterloo Place, Pall Mall, à Londres S. W. (Angleterre). M. F. M. P.
- Danis** (Jean), Ingénieur électricien, 92, boulevard Barbès, à Paris, 18^e.
- Danne** (Jacques), Préparateur de Physique à la *Faculté des Sciences de Paris*, Directeur du journal de Physique *Le Radium*, 9, rue du Val-de-Grâce, à Paris, 5^e.
- Darbois** (Jean-Marie-Hippolyte), Ingénieur civil des Mines, 18, rue Delfy, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Darcq** (E.), Directeur honoraire du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, 98, rue de Rennes, à Paris, 6^e. M. F.
- Daresté de la Chavanne** (Edmond-Charles-Cléopas), de la *Maison Rosier fils et Daresté*, fabrication d'appareils pour l'éclairage électrique, installations, 84, boulevard de Courcelles, à Paris, 17^e.
- Daries** (Aristide), Ingénieur électricien, 32, rue Montpensier, à Pau (Basses-Pyrénées). M. F.
- Darlu de Roissy**, Ingénieur, 94, rue Jouffroy, à Paris, 17^e.
- Darnal** (François), Ingénieur, *Société Alioth*, 27, rue Gay-Lussac, à Paris, 5^e.

- Darras** (Alphonse), Ingénieur-Constructeur, Secrétaire du *Syndicat des instruments d'optique et de précision*, 123, boulevard Saint-Michel, à Paris, 5°.
- Darrius** (Pierre-Joseph-Gabriel-Georges), Capitaine de frégate, 72 bis, rue de la Tour, à Paris, 16°.
- Davesne** (Georges-Henri), Ingénieur, Chef de service des Installations à la *Maison Bréguet*, 135, route de Montrouge, à Malakoff (Seine).
- David** (Charles-Narcisse), Ingénieur, Chef de Travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 69, avenue de Ségur, à Paris, 15°.
- David** (Louis-Étienne-F.), Constructeur mécanicien, *Spécialité de matériel pour laiteries et de modèles pour fonderie*, 9, rue Meynadier, à Paris, 19°.
- David** (Paul-Marius), Ingénieur de plateforme à la *Compagnie Électro-Mécanique*, 1, rue Frochot, à Paris, 9°.
- David** (Raoul-Charles), Chef d'escadron au 15° régiment d'Artillerie, 35, rue du Clocher-Saint-Pierre, à Douai (Nord).
- Dawant** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, 62, boul. de Courcelles, à Paris, 7°.
- Dazelle** (Gaspard-Louis-François-Valentin), Ingénieur électricien (A. M., E. S. E.), *Matériel électrique Brandt et Fouillères*, 35, boulevard Magenta, à Paris, 10°.
- Debeauve** (Paul), ancien Chef du Bureau de mesures de la *Maison Bréguet*, 2, rue Ballu, à Paris, 9°. M. F.
- Debionne** (Émile), Ingénieur des Arts et Manufactures, Inspecteur chef du Bureau des *Services électriques au Chemin de fer du Nord*, 19, rue de la Chapelle, à Paris, 18°.
- Debout** (Achille), Ingénieur, 25, boulevard Carabacel, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Debray** (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, Inspecteur du matériel et de la traction de la *Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest*, 2, avenue des Moulineaux, à Billancourt (Seine).
- Debray** (Paul), ancien Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, *Directeur de la Compagnie parisienne de l'Air comprimé*, 41, avenue Kléber, à Paris, 16°.
- Decaux** (Léopold-René), Directeur des *Ateliers Gaumont*, 2, avenue de l'Orangerie, Le Perreux (Seine).
- Dechandol** (Pierre-Georges), Ingénieur électricien, 22, rue Falguière, à Paris, 15°.
- Décombe**, Docteur ès Sciences, 13, rue Gazan, à Paris, 14°.
- Décorat** (Alcide), Ingénieur à la Société *L'Éclairage électrique*, 6, rue Montgallet à Paris, 12°.
- Dehenne** (Georges), Ingénieur (E. C. P.), Ingénieur en chef aux *Établissements Harlé et Cie*, 182, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris, 8°. M. F.
- Dejust** (Jules), Professeur à l'École centrale, Ingénieur municipal de la Ville de Paris, 2, rue Michel-Chasles, à Paris, 12°.
- Delafon** (Philippe), Ingénieur, 128, rue de la Convention, à Paris, 15°.
- Delage**, Capitaine de frégate, ancien Commandant de la 1^{re} flottille des sous-marins, à Toulon (Var).
- Delaporte** (Paul-Émile), Ingénieur-expert près le Tribunal civil de la Seine et la Cour d'Appel de Paris, 5, rue Ballu, à Paris, 9°.
- Delas** (François-Xavier-Joseph-Albert), Administrateur-Directeur de la *Société pour l'exploitation des procédés Westinghouse-Leblanc*, 52, rue Custine, à Paris, 18°.
- Delasalle** (André-Paul-Louis), ancien Élève de l'École de Physique et de Chimie, Ingénieur de la *Compagnie française Thomson-Houston*, 116, rue David-Johnston, à Bordeaux (Gironde).

- Delaunay** (Ernest-Baptiste), Galvanoplaste, 12, rue Saint-Gilles, à Paris, 3^e; domicile, 39, boulevard Beaumarchais, à Paris, 3^e.
- Delaunay-Belleville**, Ingénieur-Constructeur, Membre de la *Commission centrale des Machines à vapeur*, 17, boulevard Richard-Wallace, à Neuilly-sur-Seine. M. F.
- Deleuze** (Abel-É.), Ingénieur à la *Compagnie des Mines, Fonderies et Forges d'Alais*, à Tamaris (Gard).
- Delgay** (Louis), Ingénieur civil, Directeur des *Stations centrales d'Électricité d'Argelès-Gazost et Heid fils, frères et Cie*, à Caunterets, 31, rue Porte-Neuve, à Pau (Basses-Pyrénées).
- Delhumeau**, Sous-Inspecteur à la *Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest*, 15, rue de la Fédération, à Paris, 15^e.
- Deligny** (Jules-Louis), Ingénieur constructeur électricien, 14, rue Auber, à Paris, 9^e.
- Delon** (Jules), Ingénieur à la *Société française des câbles électriques*, 11, chemin du Pré-Gaudry, à Lyon (Rhône).
- Delorme** (Abel), Ingénieur de la *Compania general de Electricidad de Granada*, à Granada (Espagne).
- Delorme** (Paul), Administrateur délégué de la *Compagnie des Accumulateurs Union*, 3, rue Octave-Feuillet, à Paris, 16^e.
- Delpauch** (Camille), Ingénieur à la *Compagnie des Chemins de fer de l'Est*, 53, rue de Maubeuge, à Paris, 9^e.
- Démarchez** (Georges-Eugène), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur aux Usines *Michelin et Cie*, rue de Metz, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- Demarguay** (Jean-Marie-Louis), Officier de Marine, 18, avenue Kléber, à Paris, 16^e.
- Démichel** (Émile), 38, rue de Sévigné, à Paris, 3^e.
- Dennis** (Félix), Négociant, 2, rue du Champ-de-Foire, au Havre (Seine-Inférieure). M. F.
- Deplanque** (A.), Ingénieur civil, Directeur d'Usines à gaz, 7, rue de la Coupe, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).
- Deprez** (Marcel), Membre de l'Institut, 23, avenue Marigny, à Vincennes (Seine).
- M. II.
- Déramat** (Jean), Ingénieur à la *Société Gramme*, 89, rue Secrétan, Paris, 19^e.
- Descamps** (Georges), Ingénieur-Directeur de la *Société anonyme d'éclairage par le Gaz et l'Électricité*, 154, rue du Faubourg-Saint-Denis, à Paris, 10^e.
- Desfontaines** (Gontran-Alexandre), Capitaine d'Artillerie, Commission d'études pratiques d'Artillerie de côte, à Toulon (Var).
- Desforges** (Eugène), Ingénieur des *Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est de Jeumont*, 9, cours de Gourgue, à Bordeaux (Gironde).
- Deslandres** (Henri), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 34, rue Hamelin, à Paris, 16^e.
- Desmaretz** (Jules-Eugène-Pierre), Ingénieur principal de la *Maison Rousselle et Tournaire*, 1, rue Cavalotti, à Paris, 18^e.
- Desombre** (Paul-Édouard-Gaspard), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur-délégué de la *Compagnie électromécanique*, 8, rue de Florence, à Paris, 8^e.
- Desroziers** (E.), Ingénieur électricien, ancien Élève breveté de l'*École supérieure des Mines de Paris*, Expert près les Tribunaux de la Seine, Membre du Comité de la *Société des Ingénieurs civils de France*, 10, avenue Frochot, à Paris, 9^e. M. F.
- Desvignes** (Jean-Emile), Ingénieur à la *Compagnie des Chemins de fer à voie étroite de Saint-Étienne, Firminy, Rive-de-Gier et extensions*, 7, place Badouillère, à Saint-Étienne (Loire).

- Detraux** (Louis), Directeur de la *Compagnie méridionale d'éclairage et de Force*, 77, rue Paradis, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Détroyat** (J.-M.-T.-A.), Ingénieur civil, 109, boulevard Haussmann, à Paris, 9^e.
- Deutsch** (Émile), 54, avenue d'Iéna, à Paris, 16^e. M. F.
- Devaux** (Émile), Ingénieur électricien, Secrétaire technique du Bureau de contrôle des *Installations électriques*, 27, rue de la Chapelle, à Paris, 18^e.
- Devaux-Charbonnel** (Xavier), Ingénieur des Télégraphes, 286, boulevard Raspail, à Paris, 14^e.
- Deverly** (Jacques-Alfred-Félix-Robert), Ingénieur électricien, à Oestres, par Saint-Quentin (Aisne).
- Diény** (Paul), Ingénieur-Conseil, 13, Park Row, à New-York (U. S. A.).
- Dierman** (William), Ingénieur, 15, rue du Bailli, à Bruxelles (Belgique).
- Digeon** (Charles-Marcel), 60, rue Monge, à Paris, 5^e.
- Dinoire** (E.), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité* et de l'*École supérieure des Mines*, Ingénieur civil des *Mines de Lens*, à Vendin-le-Viel (Pas-de-Calais). M. P.
- Direction générale des Postes et Télégraphes de Hongrie**, Albrecht ut n^o 3-5 à Budapest (Autriche-Hongrie).
- Dive** (Paul), Ingénieur à la *Société de la Vieille-Montagne*, à Viviez (Aveyron).
- Doat** (Fernand), Enseigne de vaisseau, à bord de *La Lance*, à Lorient (Morbihan).
- Dobkévitch** (Gaëtan), Ingénieur, Chef du service électrique de la *Société française d'incandescence par le gaz*, 81, rue de l'Assomption, à Paris, 16^e.
- Doignon** (Louis), Ingénieur-Constructeur, 11, rue Hoche, à Malakoff (Seine); domicile : 16, rue Stanislas, à Paris, 6^e.
- Domange** (Albert), Fabricant de courroies pour machines, 74, boul. Voltaire, à Paris, 11^e.
- Dominé** (Antoine), Ingénieur électricien de la *Compagnie des Mines de Dourges*, à Hénil-Liétard (Pas-de-Calais).
- Dongier** (Raphaël-Roger), 99, Grande-Rue, à Bourg-la-Reine (Seine).
- Dorido** (Ernest), Capitaine du Génie, Etat-major particulier du Génie, à Belfort (Territoire de Belfort).
- Dorlodot** (Jean de), Ingénieur civil des Mines, Château de Floriffoux, par Florefte (Province de Namur) (Belgique).
- Dosme** (Fernand de), 11, rue d'Enghien, à Paris, 10^e.
- Dotta** (Andrea), Ingénieur électricien à la *Société Ilva de Gènes*, 2, via del Pozzetto, à Savone (Italie).
- Douilhet** (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, 16, avenue Carnot, à Caudéran (Gironde).
- Doussot** (Antonin-Edmond-Eugène), Ingénieur E. S. E., Attaché à la *Canalisation électrique*, 6, rue Lalo, à Paris, 16^e.
- Doyer** (H.), Ingénieur-Conseil, 92, Claes de Vriese Laan, à Rotterdam (Pays-Bas).
- Drake del Castillo** (Louis), Ingénieur électricien, 2, rue Balzac, à Paris, 8^e.
- Dreux** (Alexandre-François), Administrateur-Directeur de la *Société des Acières de Longwy*, à Mont-Saint-Martin (Meurthe-et-Moselle).
- Dreyfus** (Georges), Directeur de la *Société lilloise d'éclairage électrique*, 87, rue de la Barre, à Lille (Nord).
- Dreyfus** (Jules), Directeur commercial de la *Société électrométallurgique française de Froges*, 30, rue du Rocher, à Paris, 8^e.

- Drin** (Léon-François-Victor), ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur conseil, 2, rue du Quatre-Septembre, à Paris.
- Drouët** (Louis-Jules), Ingénieur des Télégraphes, 63, rue Vaneau, à Paris, 7^e.
- Drouin** (Félix-Honoré), Ingénieur en chef de la *Compagnie générale d'Électricité*, 9, rue des Pins, à Boulogne-sur-Seine (Seine).
- Dubois** (Édouard), Ingénieur à la *Compagnie pour la fabrication des Compteurs*, 25, rue Claude-Vellefaux, à Paris, 10^e.
- Dubois** (Robert), Ingénieur du matériel à la *Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest*, 6, rue Gounod, à Paris, 17^e.
- Dubournay** (Jean-Adolphe), Directeur des *Usines électriques de Terrasson, Saint-Céré et Mauriac*, à Terrasson (Dordogne).
- Dubs** (Hans), Ingénieur, Directeur du réseau de Marseille de la *Compagnie générale française des Tramways*, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Ducastel-Blandin** (Georges), Négociant, Installateur électricien, ancien Président du *Syndicat professionnel des Industries électriques du Nord de la France*, 61, rue Nationale, à Lille (Nord).
- Ducellier** (Léon), Ingénieur, 38, avenue de Châtillon, à Paris, 14^e.
- Duchesne** (Eugène-Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, 21, rue du Général-Foy, à Paris, 8^e.
- Duchez** (Florian-Jean), Ingénieur électricien, 30, rue de Corneilles, à Levallois-Perret (Seine).
- Ducousso** (Th.), Ingénieur-Conseil de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, à Loubatery, par Port-Sainte-Marie (Lot-et-Garonne). M. F.
- Ducrotet** (F.), Constructeur d'Instruments de précision, 75, rue Claude-Bernard, à Paris, 5^e.
- Duez** (G.), Ingénieur, 121, boulevard Pereire, à Paris, 17^e.
- Duflon** (Louis), Ingénieur, à Villeneuve, canton de Vaud (Suisse).
- Dujardin** (Amédée), 28, rue Vavin, à Paris, 6^e.
- Dujardin** (P.-J.-R.), Héliographe, 28, rue Vavin, à Paris, 6^e. M. F.
- Dulieux** (Ferdinand-Raymond), Ingénieur, 8, rue Edme-Guillout, à Paris, 15^e.
- Dumartin** (Louis-Charles-Horace), Administrateur délégué de la *Société d'éclairage électrique du Boulonnais*, 95, rue Jouffroy, à Paris, 17^e.
- Dumon** (Jean), Capitaine du Génie, Commandant l'École du 6^e régiment, 92, rue Fulton, à Angers (Maine-et-Loire).
- Dumont** (Eugène), Docteur ès Sciences, Ingénieur, Fondé de pouvoirs de la *Société française des câbles électriques (Système Berthoud, Borel et C^{ie})*, 11, rue du Pré-Gaudry, à Lyon (Rhône).
- Dumont** (Georges), ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils de France*, Président de l'*Association des Industriels de France contre les Accidents du travail*, 23 bis, avenue Niel, à Paris, 17^e. M. F.
- Du Mont** (Alexis-Victor-Marie), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de l'Agence de la *Compagnie Électro-mécanique, Matériel électrique Brown, Boveri et C^{ie}. Turbine à vapeur Parsons, Turbo-groupes électrogènes Brown-Boveri-Parsons. Usine au Bourget (Seine)*, 68, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône).
- Dumoulin** (Georges-Gustave-Gabriel), Licencié ès Sciences, Ingénieur du Service électrique aux *Mines d'Anzin*, à Anzin (Nord).

- Duperron** (Georges), Ingénieur civil, attaché au Laboratoire électrotechnique du *Chemin de fer du Nord*, 97, rue du Château, à Asnières (Seine).
- Dupont** (Georges), Banquier, 52, boulevard Haussmann, à Paris, 9^e.
- Dupont-Buèche** (Marc), Ingénieur à la *Société française Oerlikon*, 3, rue de l'Université, à Genève (Suisse).
- Dupuy** (Jean-Ferdinand), Officier mécanicien de la Marine, 90, rue Cambronne, à Paris, 15^e.
- Dupuy** (Paul), Ingénieur-Conseil, 41, rue Taitbout, à Paris, 9^e.
- Durand** (Albert), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Chef de Travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 52, boulevard Saint-Jacques, à Paris, 14^e.
- Durand** (Edmond-Jean-Louis), Ingénieur électricien, rue Neuve, à Saint-Mammès (Seine-et-Marne).
- Durand** (François-Valentin-Pierre-Sauveur), Directeur de la *Compania ibérica de superfosfatos*, Calle Bellavista 31-IV^o à Malaga (Espagne).
- Durangel** (George), Secrétaire général de la *Société du Sud électrique*, 14, rue Fontaine, à Paris, 9^e.
- Durnerin** (Henri-Jean-Marie-Paul), Capitaine d'Artillerie coloniale, 130, rue de Rivoli, à Paris, 1^{er}, et à la Direction du Génie de Toulon (Var). M. P.
- Durupt** (Charles-Ulric), Ingénieur, Directeur technique de la *Maison P. Lebœuf*, 8, place de la Mairie, à Saint-Mandé (Seine).
- Dusaughey** (Ernest), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur-Conseil, à Annecy-le-Vieux (Haute-Savoie).
- Dussaix** (Henri), Ingénieur en Chef des *Chemins de fer de l'Annam central*, à Tourane (Indo-Chine).
- Duval** (Charles-Léon), Ingénieur, 19, rue des Batignolles, à Paris, 17^e.
- Dvorak** (Vincent), Professeur de l'Université croate, à Agram (Autriche).
-
- Echeverria** (Ruberto), Ingénieur civil, 2231 Agustinas, à Santiago (Chili).
- Éclancher** (J.-V.), Ingénieur E. S. E., 48, rue Compans, à Toulouse (Haute-Garonne).
- École spéciale des Mines**, 5, rios Rosas, à Madrid (Espagne).
- Edwards** (Raphaël), Ingénieur civil et électricien, 1170 Agustinas, à Santiago (Chili).
- Egli** (Arthur), Industriel, à Paliseuil (Belgique).
- Ehrmann** (Paul), 39, rue Bernardin de Saint-Pierre, au Havre (Seine-Inférieure).
- Eiffel** (Alexandre-Gustave), Ingénieur, 1, rue Rabelais, à Paris, 8^e.
- Ellison** (Georges), Ingénieur électricien, Flint Green House Acocks Green, near Birmingham (Angleterre).
- Elluin** (Henri), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur-Conseil en matière de propriété industrielle de l'*Office international Dupont et Elluin*, 24, rue Chaptal, à Paris, 9^e.
- Emery** (Louis), 59, rue Bonaparte, à Paris, 6^e. M. F.
- Esbran** (Lucien-Fernand), Ingénieur à la *Société anonyme Westinghouse*, 7, rue Ancel, au Havre (Seine-Inférieure).
- Escalante** (Dr José), Professeur à l'*Institut de Santander*, à Santander (Espagne).
- Escaras** (Georges), 24, rue Falguière, à Paris, 15^e.
- Eschwège** (Paul), Ingénieur civil des Mines, Directeur de la *Société anonyme d'éclairage et de force par l'Électricité à Paris*, 26, rue Laffitte, à Paris, 9^e.

Estrade (Joachim), Directeur des *Sociétés méridionales d'Electricité et de Transport de force*, à Carcassonne (Aude).

Etablissement central de Télégraphie militaire, 51 bis, boulevard de Latour-Maubourg, à Paris, 7^e.

Everlin (Maurice), Ingénieur aux *Mines de Liévin*, 88, rue Jean-Baptiste-Defernez, à Liévin (Pas-de-Calais).

Eytner (Thaddée-Joseph), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Electricité*, Professeur à l'*École spéciale Mécanico-Technique*, à Varsovie, rue Kempna, 2, à Varsovie (Pologne russe).

Fabre (Henri), Ingénieur électricien, 45, rue Breteuil, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Fabre (Pierre-Marie-Léon), Enseigne de vaisseau, à bord du *Victor-Hugo*, à Toulon (Var).

Fabry (Charles), Professeur à la *Faculté des Sciences de Marseille*, 1, rue Clapier à Marseille (Bouches-du-Rhône). M. P.

Fabie (J.-J.), 10, rue Verdi, à Nice (Alpes-Maritimes). M. F. M. P.

Falguière (Émile-Guillaume), Professeur à l'*École Bréguet*, 195, rue de Vaugirard, à Paris, 15^e.

Faramond de Lafajole (Roger-Pierre-Joseph de), Ingénieur-Conseil mécanicien E. C. P. *Spécialité de moteurs à pétrole lourd (système Priestmann) pour l'Industrie, l'Agriculture, la Navigation*, 155, boulevard Saint-Germain, à Paris, 7^e.

Fargues (J.), Membre de la *Société asiatique de Paris*, M. S. T. E., etc., 81, rue de Paris, à Montmorency (Seine-et-Oise). M. F. M. P.

Faria (Oswaldo de), Ingénieur électricien, 14, rue Théodule Ribot, à Paris, 17^e.

Farlet (Pierre), Ingénieur à la *Société Sud-Lumière*, 144, route d'Orléans, à Bourgl-la-Reine (Seine).

Farman (Dick), Ingénieur électricien, Mécanicien, 28, rue Marbeau, à Paris, 17^e. M. P.

Fasse (J.-E.), 12, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône). M. F.

Fauchon-Villeplée (André), Directeur des branches isolantes, appareillage et construction électriques de la *Compagnie générale d'Electricité*, 3, rue Édouard-Detaille, à Paris, 17^e.

Fauconnier, Ingénieur, Administrateur délégué de la *Société orléannaise pour l'éclairage au Gaz et à l'Electricité*, 2, rue Verte, à Orléans (Loiret). M. F.

Faugier (Prosper), Capitaine au 58^e régiment d'Infanterie, à Avignon (Vaucluse). M. F.

Faure (Jean), Directeur des *Tramways électriques de Lille et sa banlieue*, Administrateur des *Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est et des Tramways électriques d'Astrakan*, 304, rue Nationale, à Lille (Nord).

Faure Beaulieu (Jacques), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur-Directeur de la *Société générale des Constructions mécaniques*, 54, avenue de la République, à Paris, 11^e.

Faure-Miller (Dr Roland), ancien Interne des hôpitaux de Paris, Lauréat de la Faculté de Médecine de Paris, 8, rue de Miromesnil, à Paris, 8^e. M. F.

Fave (Alexandre), Ingénieur des Services électriques à la *Compagnie générale d'Eclairage de Bordeaux*, 218, chemin d'Arès, à Mérignac (Gironde).

Fay (Philippe), Ingénieur, Secrétaire général de l'*Entreprise générale des travaux du*

Chemin de fer des Alpes bernoises (Berne-Letschberg-Simplon), 6, rue Pillaud, à Asnières (Seine).

Fayard (Prosper), ancien Magistrat, 35, avenue Denfert-Rochereau, à Saint-Étienne (Loire). M. F.

Fayot (Louis), Directeur des ateliers de la *Maison Breguet*, boulevard Vauban, à Douai (Nord).

Féder (Émile-Louis), Ingénieur aux *Mines de Liévin*, à Liévin (Pas-de-Calais).

Fedoroff (Michel), Ingénieur des Mines, Ingénieur électricien, Professeur à l'*École supérieure des Mines*, à Ekaterinoslaw (Russie).

Félix (C.), Directeur de la *Raffinerie de Sermaize*, à Sermaize (Marne). M. F.

Felten et Guillaume, Ingénieurs-Constructeurs électriciens, Carlswerk, à Mulheim-sur-Rhin (Allemagne). M. F.

Ferré (Ferdinand-Louis-Ernest), Chef d'usine au *Sud électrique*, villa des Lilas, à Saint-Véron, Avignon (Vaucluse).

Ferrère (Edmond), Administrateur-Directeur de l'*Hydro-électrique de la Dronne*, à Bonnes, par Aubeterre-sur-Drôme (Charente).

Ferrié (Gustave-Auguste), Chef de Bataillon du Génie, *Établissement central de la Télégraphie militaire*, 23, boulevard du Montparnasse, à Paris, 6^e.

Ferrier (Paul), Ingénieur à la *Société électrochimique de la Romanche*, 6, place Saint-Sernière, à Toulouse (Haute-Garonne).

Ferron (Louis-Amilear), Ingénieur de la *Société pyrénéenne du Silico-manganèse*, Usine électrométallurgique de Villelongue (Hautes-Pyrénées).

Fétaz (Joseph), 10, rue Etrechot, à Bordeaux (Gironde).

Fieschi (Emile), Chef de Laboratoire à la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 1, rue Nicolas-Charlet, à Paris, 15^e.

Fiévé (Georges), Ingénieur électricien, Directeur du *Bureau de contrôle des Installations électriques et gazières*, 34, rue de la Bastille, à Nantes (Loire-Inférieure).

Filleul-Brohy (Georges), Directeur-Associé de la *Maison Houry et C^e*, 21, rue de Vienne, à Paris, 8^e.

Fischmann (Jacques), Ingénieur des Constructions civiles, 130, rue d'Assas, à Paris, 6^e.

Flayelle (Gustave), Propriétaire, Correspondant de la *Revue pratique de l'Électricité*, à Valenciennes (Nord).

Fleury (Charles-Médéric), Ingénieur des Services électriques de la *Compagnie générale d'Électricité*, Station de Nancy, 48, rue des Jardiniers, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).

Fleury (Pierre-Marie-Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Compagnie du Gaz*, à Agen (Lot-et-Garonne).

Foiret (Anatole), Administrateur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 31, rue Claude-Vellefaux, à Paris, 10^e.

Fontaine (Eugène-Paul), Président de la *Société d'assurances mutuelles « La Participation »*, Secrétaire général du *Syndicat professionnel des Usines d'Électricité*, 27, rue Tronchet, à Paris, 8^e.

Fontaine (G.), Instruments de Physique et de Chimie, 18, rue Monsieur-le-Prince, à Paris, 6^e.

Forstall (Georges), Ingénieur I. E. N., 29, avenue de Flandre, à Charleville (Ardennes).

Foucher (Georges), Ingénieur à la *Société d'Études spéciales et d'Installations industrielles*, 9, rue de la Douane, à Paris, 10^e.

- Foulhouze** (Amable), Ingénieur électricien (I. E. G.) à la *Société anonyme Westinghouse*, 38 bis, rue Casimir-Perier, au Havre (Seine-Inférieure).
- Foureault** (Alfred), Ingénieur électricien, 8, rue Rottembourg, à Paris, 12^e.
- Fournaraki** (Léon), Ingénieur dirigeant la *Succursale de l'Accumulatoren Fabrik AG* (système Tudor de Berlin en Roumanie), 106, boulevard Derchantiller, à Bucarest (Roumanie).
- Fournier** (Georges), Ingénieur en chef des installations de tramways de la *Compagnie française des procédés Thomson-Houston*, 32, rue Desrenaudes, à Paris, 17^e.
- Fournier** (Henri-Victor), Directeur de la *Compagnie générale madrilène d'Électricité*, Espoz y Mina, 6 D^o, à Madrid (Espagne).
- Fourrié** (Félix), Attaché à la *Compagnie des Chemins de fer du Midi*, 72, rue Borghèse, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Foveau de Courmelles** (D^r), Directeur de l'*Année électrique*, Lauréat de l'Académie de Médecine, Licencié ès Sciences physiques, ès Sciences naturelles, en Droit, Professeur libre d'*Électrothérapie et Radiographie*, 26, rue de Châteaudun, à Paris, 9^e.
- Foy** (Fernand), Directeur-Gérant de la *Maison F. Foy et C^{te}*, Manufacture d'articles en carton moulé comprimé et laqué, 54, rue de l'Haÿ, à Gentilly (Seine).
- Frager** (Alphonse-Jean), Ingénieur, Directeur des *Établissements de la Compagnie des Compteurs*, 18, boulevard de Vaugirard, à Paris, 15^e.
- France** (Étienne de), Ingénieur civil des Mines, Secrétaire général de la Société l'*Éclairage électrique*, 6, rue de Solferino, à Paris, 7^e.
- Franchimont** (Henri-Alexandre), Ingénieur électricien, 26, rue de l'Aqueduc, à Paris, 10^e.
- Franck** (Charles-Henri), Ingénieur, Directeur du Service électrique de la *Compagnie des Mines de Béthune*, à Bully-les-Mines (Pas-de-Calais).
- Freundler** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Service de l'Électricité de *MM. Schneider et C^{te}*, 42, rue d'Anjou, à Paris, 8^e.
- Fric** (René-Jean-Louis), à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- Frison fils** (Émile), Applications industrielles de l'électricité, à Jonchery (Haute-Marne). M. F.
- Fröhlich** (Raoul), Ingénieur, 85 bis, rue du Ranelagh, à Paris, 16^e.
- Frouin** (André), Inspecteur général des Postes et Télégraphes, 6, rue Joseph-Bara, à Paris, 6^e. M. F.
-
- Gaiffe** (Georges), Ingénieur électricien, 40, rue Saint-André-des-Arts, à Paris, 6^e. M. F.
- Gaillard** (Henri), Ingénieur électricien, 43, rue Gabrielle, à Charenton (Seine).
- Gaillard** (Joseph-M.-L.), Ingénieur, villa La Retraite, à Saint-Genis-Laval (Rhône). M. P.
- Gajan** (Eugène-Henri-Louis), Enseigne de vaisseau, Professeur du *Centre d'Instruction de Télégraphie sans fil*, Défense fixe, à Brest (Finistère).
- Galibert** (Ernest-Marius-Samuel), Licencié ès Sciences de la Faculté de Paris, Laboratoire de recherches, *Maison Lacarrière*, 54, rue des Saints-Pères, à Paris, 6^e.
- Gall** (Henry), Administrateur délégué de la *Société d'Électrochimie*, 4, rue Albert-Joly, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Gallay** (Émile-Marie), Ingénieur des Arts et Manufactures, *Société du Gaz et d'Électricité de Saint-Junien* (Haute-Vienne), 35, rue Brunel, à Paris, 17^e.

- Gallet** (Octave-Adolphe), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de l'*Usine des ateliers Thomson-Houston de Lesquin-lez-Lille*, 2, rue Sainte-Anne, à Lille (Nord).
- Gallice** (Georges), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, 1, rue Basse-de-la-Terrasse, à Bellevue (Seine-et-Oise). M. F.
- Gallini** (Aristide), Capitaine de vaisseau, en retraite, à Granville (Manche).
- Galliot** (F.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 45, rue Saint-Philibert, à Dijon (Côte-d'Or).
- Gamard** (Gustave), Professeur honoraire à l'*Association philotechnique*, 22, rue de Rivoli, à Paris, 4^e.
- Garcin** (Julien-François-William), Ingénieur E.S.E., Licencié ès Sciences, de la *Société Bergerat et Garcin, Concessionnaires de M.M. Sir W.-G. Armstrong Whitworth and Co*, 4, rue du Rocher, à Paris, 8^e.
- Garfield** (Alexander-Stanley), Ingénieur en chef de la *Compagnie française Thomson-Houston*, Ingénieur-Conseil de la *General Electric Company de New-York* et de la *Compagnie Thomson-Houston de la Méditerranée*, 67, avenue de Malakoff, à Paris, 16^e.
- Gariel** (C.-M.), Professeur à la *Faculté de Médecine*, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, 6, rue Edouard-Detaille, à Paris, 17^e. M. F.
- Gariel** (Maurice-Marie-Joseph), 2, rue de la Paix, à Grenoble (Isère).
- Garnier** (Paul), Horloger mécanicien, Fabricant d'horlogerie électrique, 9, rue Beudant, à Paris, 17^e. M. F.
- Garry** (Étienne-Louis), Ingénieur de la *Maison Bréguet*, 27, rue du Sergent-Blandan, à Lyon (Rhône).
- Gasnier** (Paul-Jules-Marin), Chef des travaux pratiques d'électricité, chargé de Conférences, à l'*École de Physique et de Chimie industrielles de Paris*, 20, rue Hallé, à Paris, 14^e.
- Gasquet** (Roger), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, 116, rue de la Boétie, à Paris, 8^e. M. P.
- Gaston-Dreyfus** (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, 5, avenue Montaigne, à Paris, 8^e.
- Gateau** (Raymond), 14, rue Saint-Lazare, à Saint-Ouen-l'Aumône (Seine-et-Oise).
- Gatehouse** (T.-E.), J. R. S. E., A. M. I. C. E.; M. I. M. E., M. I. E. E.; *Editor Electrical Review*, 4, Ludgate hill, London E. C. (Angleterre). M. F.
- Gaucharaud** (Alfred-Antoine), Ingénieur à la *Maison Hillairet Huguet*, 12, rue du Château-Landon, à Paris, 10^e.
- Gaudet** (Charles-Henri), Directeur général de la Société l'*Éclairage électrique*, 364, rue Lecourbe, à Paris, 15^e.
- Gaudouin** (François-Clément), Mécanicien principal de 1^{re} classe de la Marine, 3, boulevard Grignan, à Morillon, Toulon (Var).
- Gaultier** (Georges), Ingénieur, 14, rue Dumont-d'Urville, à Paris, 16^e.
- Gaumont** (Léon), Administrateur-Directeur de la *Société des établissements Gaumont*, 57, rue Saint-Roch, à Paris, 1^{er}.
- Gaumy** (René-Marcel), Ingénieur-Conseil de la *Société métallurgique de l'Ariège*, 76, avenue de Montreuil, à Fontenay-sous-Bois (Seine). M. P.
- Gaupillat** (Marcel), Ingénieur des Arts et Manufactures, 2, rue Marbeuf, à Paris, 8^e.
- Gauthier** (Pierre), Administrateur de la *Société d'entreprises générales de Méca-*

nique et d'Électricité, Gauthier, Leclerc et C^{ie}, 25, boulevard G.-Favon, à Genève (Suisse).

Gauthier-Villars (Albert), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Imprimeur-Éditeur, 55, quai des Grands-Augustins, à Paris, 6^e.

Gavriloff (Jean), Ingénieur de la Marine russe, Chargé de la construction de la canonnière M. J. R., *Guiliak*, Wasili Ostrow, 2^e ligne, n^o 37, log. 2, à Saint-Pétersbourg (Russie).

Gay (Alfred), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, 20, avenue Rapp, à Paris, 7^e.

Gazanion (Paul), Ingénieur, 20, rue Granville, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).

Gély (Edmond), Ingénieur électricien, attaché à la *Compagnie des Chemins de fer du Midi*, Hôtel des Touristes, a Pierrefitte Nestalas (Hautes-Pyrénées),

Gendre (Paul), Ingénieur électricien, à Monfront-sur-l'Isle (Dordogne).

Geneux (François), Directeur de la *Société des Forces électriques de la Coule*, à Saint-Imier (Suisse).

Génon (Henri), ancien Préparateur à l'*École supérieure d'Électricité*, 137, boulevard Saint-Michel, à Paris, 5^e.

Gentet (Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'*École supérieure des Électriciens*, Ingénieur de la *Compagnie française des Métaux*, à Deville-lès-Rouen (Seine-Inférieure).

Genteur (Jules-Arthur), Constructeur électricien, 122, av. Philippe-Auguste, à Paris, 11^e.

Genty (Émile-Louis-Constant), Agrégé de l'Université, 57, rue de Rivoli, à Paris, 1^{er}.

Geoffroy (Eugène), Manufacturier, 119, boulevard Haussmann, à Paris, 8^e. M. F.

Gerard (Eric), Directeur de l'*Institut électrotechnique Montefiore*, 35, rue Saint-Gilles, à Liège (Belgique).

Gérard (Ernest), Secrétaire général du Ministère des Chemins de fer, Postes et Télégraphes de Belgique, 12, rue Beyaert, à Bruxelles (Belgique).

Getting (Édouard-Henri), Administrateur délégué de la *Compagnie française de charbons pour l'électricité*, usine du Moulin noir, à Nanterre (Seine).

Gibert (Arthur), Ingénieur E.-C.-P., Installateur d'électricité, Constructeur électricien, 87, rue Saint-Thomas, à Saint-Quentin (Aisne).

Gignon (Charles-Albert), Lieutenant de vaisseau, au Tréport (Seine-Inférieure).

Giles (Georges), Directeur et Administrateur de la *Société des Condensateurs*. Administrateur de la *Société des Procédés Béciqueul*, à Fribourg (Suisse).

Gilles-Saint-Germain (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur à la *Société industrielle des Téléphones*, 142, boulevard Pereire, à Paris, 17^e.

Gin (Gustave), Administrateur délégué de la *Société des procédés Gin pour la Métallurgie électrique*, 149, rue de Rome, à Paris, 17^e.

Gindre (Eugène), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Directeur de la *Société anonyme « Le Carbone »*, 12 et 33, rue de Lorraine, à Levallois-Perret (Seine).

Girard (Charles), Directeur du *Laboratoire municipal*, 40, boulevard de la Bastille, à Paris, 12^e. M. F.

Girard (Constant-Louis), Ingénieur électricien à la *Construction du port de Rosario*, à Rosario (République Argentine).

Girard (Louis), Conducteur municipal, 156, rue de Belleville, à Paris, 20^e.

Girard de Vasson (Jean-Bertrand), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Licencié ès Sciences, Directeur de la *Société anonyme d'Éclairage et d'Applications électriques*, à Arras (Pas-de-Calais).

- Girardin** (Marc), *Usine de Tuilière*, par Saint-Capraise-de-Lalinde (Dordogne),
- Giraud** (Maurice), Ingénieur aux *Hauts Fourneaux et Forges d'Allevard*, à Allevard (Isère).
- Giraud-Teulon** (Marc-Antoine-Félix-Émile), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Société grenobloise de Force et Lumière*, à La Mulatière (Rhône).
- Girault** (Paul-Gabriel), Ingénieur aux *Ateliers Thomson-Houston*, 53, rue Mathurin-Régnier, à Paris, 15^e.
- Girousse** (Gaston), Ingénieur des Télégraphes, 40, rue de l'Annonciation, à Paris, 16^e.
- Gleire** (Constant), Ingénieur, 9, rue Pillet-Will, à Paris, 9^e.
- Godfroy** (Fernand), Directeur de la *Compagnie française des Câbles télégraphiques*, à Brest (Finistère).
- Godinet** (Auguste), Ingénieur en chef des *Usines à Gaz et d'Électricité* (MM. de Lachomette et Villiers), 4, quai de la Pêcherie, à Lyon (Rhône).
- Goisot** (George-André-Félix), Constructeur, 10, rue Béliador, à Paris, 17^e. M. P.
- Goldschmidt** (Charles-André), Directeur de la *Maison Baguès Kasr el Nil*, 31, rue des Francs-Bourgeois, à Paris, 4^e.
- Goldsmith** (Ferdinand), Ingénieur du *Matériel des Chemins de fer de l'Ouest*, 94, boulevard Flandrin, à Paris, 16^e.
- Gomonet** (Eugène), Ingénieur à la *Compagnie des Accumulateurs Union*, 60, rue de la Sablière, à Asnières (Seine).
- Gondard** (Georges-Pierre), Ingénieur à la *Société anonyme électro-textile*, 117, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris, 6^e.
- Gorce** (Paul-Marie-M.-E. de la), Ingénieur, 2, rue de Commaille, à Paris, 7^e.
- Gosselin** (Xavier), Chef des Travaux électriques à l'*École centrale des Arts et Manufactures*, 19, boulevard Magenta, à Paris, 10^e.
- Goudet** (Hugo-François-Joseph), Ingénieur en Chef des essais auprès de la *Société italienne Westinghouse*, à Vado-Ligure (Italie).
- Gourdeau** (Gaston-Marcel), Ingénieur des *Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est*, 16, rue Lévis, à Paris, 17^e.
- Gourguechon** (Georges), Ingénieur au Corps des Mines, 49, rue Claude-Lorrain, à Paris, 16^e.
- Graff** (John), Ingénieur principal de la *Société grenobloise de Force et Lumière*, 3, rue Président Carnot, à Lyon (Rhône).
- Gramont** (Comte Arnaud de), Docteur ès Sciences physiques, 179, rue de l'Université, à Paris, 7^e. M. P.
- Grandjean** (Jules), Ingénieur E. C. P.; E. S. E.; Fournitures générales pour l'électricité, 15, cours du Chapitre, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Grandmasson** (Émile), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur civil des Mines, Directeur de la fabrique *Luz Stearica*, 7, Praiadas Palmaras, à Rio-Janeiro (Brésil).
- Granger** (Paul-Théodore-Auguste), Ingénieur de 1^{re} classe du Génie maritime, Attaché au Service de la surveillance des travaux confiés à l'Industrie, 248, rue de Rivoli, à Paris, 1^{re}.
- Grassot** (Émile), Ingénieur à la *Compagnie pour la Fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz*, 48, boulevard de Vaugirard, à Paris, 15^e. M. P.
- Gratacap** (Adolphe), Ingénieur E. S. E.; Directeur des *Usines du Val-de-Rance à Maurs et de Riom-ès-Montagne*, à Maurs (Cantal).

- Gratzmuller** (Louis), Ingénieur électricien, avenue ~~Désiré-Dubois~~, à Saint-Adresse (Seine-Inférieure).
- Graves** (James), M. I. E. E., à Valentia (Ireland). M. F.
- Gray** (C.-H.), *India Rubber and Telegraph Works Co*, Silvertown, London E. (Angleterre). M. F. M. P.
- Gray** (Robert-K.), 106, Cannon Street, London E. C. (Angleterre). M. F.
- Gray** (W.-R.), *India Rubber and Telegraph Works Co*, Silvertown, London E. (Angleterre). M. F. M. P.
- Griffes** (G.-J.), Professeur de Mécanique à l'*Union française de la Jeunesse*, Ingénieur-Conseil en matière de traction électrique, Lauréat de la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, 183, rue Legendre, à Paris, 17^e.
- Grimaldi** (Giovanni-Pietro), Docteur ès Sciences physiques, Professeur ordinaire de Physique et Directeur du Laboratoire de Physique à l'*Université de Catania*, Recteur de l'*Université de Catania*, Délégué de la *Société italienne de Physique pour la rédaction du « Nuovo Cimento »*, Membre de la *Société française de Physique*, via Androne, 25, à Catania (Italie).
- Grivet** (René), Chef du Service électrique à la *Société anonyme des Hauts Fourneaux, Forges et Acéries de Denain et d'Anzin*, 86, rue Saint-Amand, à Denain (Nord).
- Grivot** (Auguste), Ingénieur, Directeur, *Station centrale d'Électricité*, à Salto, République Orientale de l'Uruguay (Amérique du Sud).
- Gros** (Antoine), Chef du Service électrique à la *Société d'Éclairage de Montreuil*, 7 bis, rue du Pré, à Montreuil-sous-Bois (Seine).
- Grosdidier** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, 21, rue de Calais, à Paris, 9^e.
- Groslier** (Léon), 87 bis, avenue d'Orléans, à Paris, 14^e.
- Grosrenaud** (R.-E.), Ingénieur des Services électriques *Société nantaise d'Éclairage et de Force par l'Électricité*, 16, rue Lamoricière, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Grosselin** (Marie-Joseph), Ingénieur civil des Mines, 26, rue Godot-de-Mauroi, à Paris, 9^e. M. P.
- Guasson** (B.), Commis principal des Postes et des Télégraphes, à Limoges (Haute-Vienne). M. F.
- Guelpa** (Gustave-Georges), Enseigne de vaisseau, sous-marin *Cugnot*, 37 bis, rue Duvier, à Rochefort-sur-Mer (Charente-Inférieure).
- Guénée** (Albert-Charles-James), Constructeur, Lieutenant de vaisseau de réserve, 20, quai de Marne, à Joinville-le-Pont (Seine).
- Guénet** (Jules), Fabricant d'appareils électriques, 5, rue de Montmorency, Paris, 3^e.
- Guérin** (Pierre), 4, rue Cambon, à Paris, 1^{er}.
- Guery** (François-Charles), Ingénieur électricien, 18 bis, rue du Marché, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Guesde** (Mario), Ingénieur, Directeur de l'*Électricité* de Saulxures (Vosges).
- Guichard** (Marcel), Ingénieur de la *Société d'Électricité Mors*, 10, rue Brémontier, à Paris, 17^e.
- Guilbert** (Cyrille-Fernand), Ingénieur électricien, 3, rond-point Thiers, Le Raincy (Seine-et-Oise).
- Guilhem** (Eugène), Ingénieur des Arts et Manufactures, rua Verguero, n° 19, à São Paulo (Brésil).
- Guillaume** (Charles-Édouard), Directeur adjoint du *Bureau international des Poids et Mesures*, Pavillon de Breteuil, à Sèvres (Seine-et-Oise).

Guillaume (Pierre-Antonin), Ingénieur, Directeur de la Société *Le Centre électrique*, 30, rue Grande, à Argenton-sur-Creuse (Indre).

Guillemin (Prosper-Victor), Directeur de l'Exploitation des Tramways de Moutiers à Brides-les-Bains, à Moutiers (Savoie).

Guillet (Léon), Ingénieur-Conseil d'*Usines métallurgiques et de Constructions mécaniques*, 8, avenue des Ternes, à Paris, 17^e.

Guillez (Louis-Émile), Inspecteur des *Services électriques aux Chemins de fer du Nord*, 77, rue de la Chapelle, à Paris, 18^e.

Guillon (Cyrille-Edmond), Ingénieur, à Thervay (Jura).

Guillon (Émile-Philippe), Ingénieur de l'*Institut industriel du Nord*, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Chef des *Travaux pratiques de l'École d'Électricité et de Mécanique industrielles*, 88, rue Mozart, à Paris, 16^e.

Guinant (Émile), 9, rue Coquillière, Paris, 1^{er}.

Guitard (Pierre-Paul), Le Vigen (Haute-Vienne).

Guitten (Adrien), Ingénieur, 22, rue de la Bourse, à Saint-Étienne (Loire).

M. F. M. P.

Gutbier (Paul-Ferdinand), Sous-Inspecteur du *Service électrique des Chemins de fer de l'Ouest-État*, 44, rue de Rome, à Paris, 8^e.

Gutperle (A.), Administrateur-Directeur de la *Térébenthine française*, 16, rue Pascal, à Nanterre (Seine).

M. F.

Guy (Georges-Théodore), Ingénieur attaché à la direction de la *Maison Harlé et Cie*, 26, avenue de Suffren, à Paris, 15^e.

Guyau (Augustin-Antoine-André), Ingénieur, villa Fouillée, à Menton (Alpes-Maritimes).

Guyot (Jules-Eugène), Chef du Laboratoire de la *Maison Bréguet*, 6, rue de Vanves, à Paris, 14^e.

Hacart (Oe'ave-Frantz), Ingénieur A. M. et E. S. E., Directeur de la Manufacture de Feutres et Munitions de *M. A. Duvaux*, 102, rue des Rosiers, à Saint-Ouen (Seine).

Hainglaise (Pierre-Victor), Sous-Directeur de la *Société Sud-Lumière*, 23, rue de Verneuil, à Paris, 7^e.

Halphen (André), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 23 rue Fortuny, à Paris, 17^e.

Hamilton (Georges-A.), Ingénieur de la *Western Electric Co*, 532, Morris Avenue Elisabeth, New-Jersey (U. S. A.).

M. F.

Hamm (Lucien-Auguste-André), de la *Maison L. Hamm et Cie*, Ingénieurs-Constructeurs, 34, rue Montpensier, à Paris, 1^{er}.

Hammer (Jean), Ingénieur, Administrateur délégué de la *Compagnie générale électrique*, 58 bis, rue de Metz, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).

Hanning (William), Ingénieur, 17 et 19, rue de Maubeuge, à Paris, 9^e.

Hannothiaux (Eugène), Ingénieur en chef de la *Compagnie d'Électricité de Varsovie*, 11, Foksal, à Varsovie (Russie).

Hardelay (Jacques), 40, rue d'Anjou, à Paris, 8^e.

Hardy (André-Ernest), Ingénieur des Postes et Télégraphes, 35, rue Singer, à Paris, 16^e.

Harlé (Émile), ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées, Associé-Gérant de la *Maison Harlé et Cie*, 26, avenue de Suffren, à Paris, 15^e.

- Hauser** (Henri), Ingénieur-Conseil, Professeur à l'*École des Mines de Madrid*, Membre de la Real Academia de Ciencias, Ancien Président de la Société espagnole de Physique et Chimie, Secrétaire de la Commission du Grisou, rue Zorrilla, n° 33, à Madrid (Espagne). M. P.
- Haussadis** (Henri-Louis), à Vaux-sur-Seine (Seine-et-Oise).
- Hayet** (Auguste), Ingénieur, Chef du Service des travaux extérieurs aux *Ateliers Thomson-Houston*, 72, rue Cambronne, à Paris, 15°.
- Hébert** (Paul-Charles-Albert), Ingénieur-Constructeur, 58, boulevard Pasteur, à Paris, 15°.
- Hedde** (André-Marie-Daniel), Ingénieur des Arts et Manufactures, 70, rue Madame, à Paris, 6°.
- Hefty** (André-Frédéric), Capitaine d'Artillerie, chargé de l'*École Photo-électrique*, au Havre (Seine-Inférieure).
- Heilmann** (Josué), Ingénieur de la *Société alsacienne de Constructions mécaniques*, avenue du Lycée, à Belfort (territoire de Belfort).
- Heinz** (Alfred), Fabricant d'accumulateurs électriques, 27, rue Cavé, à Levallois-Perret (Seine).
- Heitmann** (Edwards), *Crocker Wheeler Co*, à Ampère, New-Jersey (U. S. A.).
- Héлитas** (Gilbert-Henri), Ingénieur électricien E. S. E., aux *Ateliers Carpentier*, 3, rue Pestalozzi, à Paris, 5°.
- Heller** (Richard), Ingénieur électricien, 18 et 20, cité Trévise, à Paris, 9°.
- Helmer** (Oscar), Ingénieur-Conseil de *MM. Schneider et Cie*, 3, avenue Daumesnil, à Saint-Mandé (Seine).
- Hennegrave** (Charles-Eugène), Associé de la *Maison Hennegrave et Agnus*, 21, rue Théophile-Gautier, à Paris, 16°.
- Henrard** (Georges), Directeur de la *Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône*, 37, rue de la République, à Lyon (Rhône).
- Henry** (Adolphe), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Directeur de la *Société de Location de W'agons de grande capacité (Système Arbel)*, 6, rue Bonaparte, à Paris, 6°.
- Henry** (René), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Raffinerie Sommier*, 89, boulevard Exelmans, à Paris, 16°. M. F.
- Hérard** (F.), Ingénieur civil, 6, rue d'Assas, à Paris, 6°.
- Hering** (Carl), Consulting Electrical Engineer, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 929, Chesnut street, à Philadelphie, Pa. (U. S. A.).
- Herrenschmidt** (Henri), ancien Chef de Travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 10, boulevard de Magenta, à Paris, 10°.
- Herrero** (Wilfred-M.), Ingénieur-Constructeur, 40, rue Condorcet, à Paris, 9°.
- Herrgott** (Joseph-Michel-Camille), Ingénieur aux *Ateliers de Constructions hydro-électriques* E. Chaudel-Page, La Sablière, au Valdoie (territoire de Belfort).
- Herrmann** (Maximiliano), Industriel, Constructeur d'appareils électriques, 6, Calçada do Lavra, à Lisbonne (Portugal).
- Hertzog** (Gustave), Architecte-expert, 7, rue Saint-Louis, à Metz (Alsace).
- Herzen** (Hugo), Ingénieur, Chef des Services électriques à la *Compagnie des Mines de Marles*, rue de l'Hôpital, à Auchel (Pas-de-Calais).
- Hovesy** (Guillaume de), Ingénieur, 4, rue Marie-Valerie, à Budapest (Hongrie).
- Heyland** (Alexandre), Ingénieur, 11, boulevard du Régent, à Bruxelles (Belgique).

- Hiberty** (Alfred), Inspecteur du Matériel et de la Traction du *Chemin de fer d'Orléans*, 101, quai de la Gare, à Paris, 13^e. M. P.
- Hillairet** (A.), Ingénieur-Constructeur, 22, rue Vieq-d'Azir, à Paris, 10^e. M. P.
- Himmelsbach** frères, *Établissements d'imprégnation de bois*, à Fribourg (Grand-Duché de Bade).
- Hissink** (Jack), Ingénieur en chef à la *Bergmann Elektricitäts Werke Actien Gesellschaft*, Hansa-Ufer, 8, à Berlin N. W. (Allemagne).
- Holzschuch** (Jacques), Ingénieur E. C. P., Ingénieur électricien, Inspecteur des Services techniques au *Chemin de fer du Nord*, 31, rue Octave-Feuillet, à Paris, 16^e.
- Horn** (Émile), 30, avenue de Villiers, à Paris, 17^e.
- Houzé** (Henri), Ingénieur électricien de la *Compagnie des Mines de Courrières*, 10, avenue de la Fosse, à Billy-Montigny (Pas-de-Calais).
- Huard** (Marcel), Ingénieur à la *Maison F. Heurion*, 30, rue de la Salle, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Huber** (Michel), Ingénieur civil, ancien Élève de l'École Polytechnique, et de l'École supérieure d'Électricité, 16, rue Cardinal-Lemoine, à Paris, 5^e.
- Hugoniot** (Charles-Émile), Directeur des *Usines électro-metallurgiques de Tav*, par Hienghène (Nouvelle-Calédonie).
- Huguet** (Alphonse-Charles-Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, ancien Président de Section au Tribunal de Commerce de la Seine, Constructeur, 22, rue Vieq-d'Azir, à Paris, 10^e.
- Hulin** (Léon-Paul), Directeur des usines de la *Société d'Électrochimie*, 6, rue Félix-Poulat, à Grenoble (Isère).
- Humblot** (Joseph-Marcel-Marie), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur électricien des *Chemins de fer du Sud de la France*, 22, rue Michel-Ange, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Hunter** (Rudolph-Melville), Consulting Engineer and Electrical Expert, 1011, Chestnut street, à Philadelphie, Pa (U. S. A.). M. F.
- Hurmuzescu** (Dragomir), Professeur à l'Université de Jassy, à Jassy (Roumanie).
- Iglésis** (Sébastien-Sauveur), Constructeur, *Maison Iglésis et Regner*, 32, rue Rennequin, à Paris, 17^e.
- Iliovici** (Avram-David), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Préparateur à l'École supérieure d'Électricité, 118, rue Lecourbe, à Paris, 15^e.
- Institut électrotechnique** de l'Université de Grenoble, à Grenoble (Isère).
- Institut d'Électrotechnique et de Mécanique appliquée** de la Faculté des Sciences de Nancy, 2, rue de la Citadelle, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Isambert** (Alphonse-Prosper), Chef d'usine à la *Compagnie parisienne de l'air comprimé*, 132, quai Jemmapes, à Paris, 10^e.
- Istel** (André), 21, avenue Marceau, à Paris, 16^e.

Jackson (Dugald-C.), Professor of *Electrical engineering* Massachusetts Institut of Technology, Consulting Engineers, Chicago and Boston, à Boston, Mass. (U. S. A.).

- Jacobsen** (Jac-Herman), Ingénieur électricien, Directeur de l'*Agence de Paris*, de la *Société des Téléphones et Télégraphes de Lyon*, 78, rue Jean-Jacques-Rousseau, à Paris, 1^{er}.
- Jacquín** (Charles), Ingénieur électricien, 11, rue Béliador, à Paris, 17^e.
- Jacquín** (Louis-Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Service des Canalisations à la *Compagnie d'Éclairage électrique du Secteur des Champs-Élysées*, 127, rue de la Tour, à Paris, 16^e.
- Jamin** (Jules-André-Auguste), 82, boulevard des Batignolles, à Paris, 17^e.
- Janet** (Paul), Professeur à l'*Université de Paris*, Directeur du *Laboratoire central* et de l'*École supérieure d'Électricité*, 8, rue du Four, à Paris, 6^e. M. P.
- Janin** (Étienne), Sous-Inspecteur à la *Compagnie de l'Ouest*, 44, rue de la Pompe, à Paris, 16^e.
- Jannettaz** (Paul), Ingénieur-Expert près les Tribunaux, 68, rue Claude-Bernard, à Paris, 5^e.
- Janvier** (Georges), Chef des services commerciaux des *Stations centrales à la Compagnie générale d'Électricité*, 94, rue de Colombes, à Asnières (Seine).
- Japy de Beaucourt** (Henry), Ingénieur des Arts et Manufactures, Inspecteur de l'*Enseignement technique du Haut-Rhin*, 99, rue de Courcelles, Paris, 17^e.
- Japy frères et C^{ie}**, à Beaucourt (Haut-Rhin français). M. P.
- Jarre** (Léon-Henri), Ingénieur électricien, *Administrateur de la Société Anonyme de force et lumière électriques*, 9, rue de Rocroy, à Paris, 10^e.
- Jarriant** (Joseph), Fabricant de fils et câbles pour l'Électricité, 233, rue Croix-Nivert, à Paris, 15^e.
- Jaubert** (Jean-François-Pierre), Administrateur délégué de la *Société parisienne d'Installations électriques*, 14, rue Belgrand, à Paris, 20^e. M. P.
- Jaulin** (Julien), Ingénieur électricien à la *Compagnie pour la fabrication des Compteurs et Matériel d'usines à gaz*, 2, rue Perdonnet, à Paris, 10^e.
- Javal** (Jean-Félix), Ingénieur électricien, Membre du *Conseil général de l'Yonne*, 45, rue de Boulainvilliers, à Paris, 16^e. M. P.
- Javaux** (Émile), Président du Conseil et Administrateur-Délégué de la *Société Gramme*, 130, boulevard Pereire, à Paris, 17^e. M. P.
- Jeance** (Maurice-Jules), Lieutenant de vaisseau, 3, rue Picot, à Paris, 16^e.
- Jean-Joseph** (Auguste), 58, rue Pierre-Charron, à Paris, 8^e.
- Jeanson** (Jacques-Henri-François), Ingénieur aux *Ateliers Carpentier*, 45, rue Monge, à Paris, 5^e.
- Jégou** (Paul-François-Louis-Marie), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Études de Télégraphie sans fil, 83, rue Saint-Nicolas, à Sablé (Sarthe).
- Jelenkovski** (Jules), Ingénieur électricien, 59, rue d'Astrakhan, à Saratof (Russie).
- Jenny** (Ferdinand), Ingénieur, Directeur des *Services de l'éclairage et de la distribution de l'énergie de la ville de Grenoble*, 28, rue du Polygone, à Grenoble (Isère).
- Jénot** (Célestin), Ingénieur, Chef du Service des Machines à vapeur et du Service électrique aux *Usines Métallurgiques*, à Neuves-Maisons (Meurthe-et-Moselle).
- Jénot** (Lucien-Gabriel), Ingénieur, Secrétaire général de la *Compagnie générale d'Électricité de Creil*, 49, rue d'Alésia, à Paris, 14^e.
- Jéraméc** (Henri), Ingénieur électricien à la *Compagnie des Forges de Châtillon-Commentry et Neuves-Maisons*, Chef du Service électrique des *Usines de Montluçon*, rue Lakanal, à Montluçon (Allier).

- Jigouzo** (Paul), Ingénieur civil des Mines, 78, rue Jullien, à Vanves (Seine).
- Jijié** (Adam), Capitaine de Marine, Ingénieur concessionnaire de l'*Éclairage électrique de la Ville de Soulina*, à Soulina (Roumanie).
- Johann** (C. N. P.), Ingénieur électricien (E. S. E.), 20, rue Louis-Braille, à Paris, 12^e.
- Joly** (Henri-Louis), A. M. I. E. E. A. M. Am. I. E. E.; A. et M., etc., Ingénieur en chef *Electro-mobile Co Limited*, 4, Glèbe Place Chelsea, à Londres S. W. (Angleterre).
- Joly** (Louis-Eugène), Ingénieur aux *Ateliers Carpentier*, 103, boulevard Montparnasse, à Paris, 14^e.
- Joly** (Maurice-Léon), Agrégé de l'Université, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 114, Grande-Rue, à Bourg-la-Reine (Seine).
- Jordery** (C.), à Chamirey-Bourgneuf, Val d'Or (Saône-et-Loire). M. F.
- Josse** (Hippolyte), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur-conseil en matière de brevets d'invention, 17, boulevard de la Madeleine, à Paris, 1^{er}.
- Jouaust** (Raymond-Albert), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Chef de travaux au *Laboratoire central d'Électricité*, 18, rue Dutot, à Paris, 15^e.
- Joubert** (Arigle), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la *Station centrale d'Électricité*, 27, rue du Tapis-Vert, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Jouët** (Georges), 64, rue Pierre-Charron, à Paris, 8^e. M. F.
- Jouffret** (Henri), Ingénieur à la *Compagnie générale française et continentale d'Éclairage*, 18, rue de Bruxelles, à Paris, 9^e.
- Jourdan** (Claude-René-Marc), Ingénieur E. C. P. à la *Maison Bréguet*, 8, rue Léopold-Robert, à Paris, 14^e.
- Jouvenel** (Albert), Ingénieur aux *Ateliers Thomson Houston*, 166, boulevard Montparnasse, à Paris, 14^e.
- Jouvion** (Marie-Henri), Licencié ès sciences, Inspecteur au *Bureau de Contrôle des Installations électriques*, 139, boulevard de Grenelle, à Paris, 15^e.
- Jovignot** (Charles), 34, avenue de l'Observatoire, à Paris, 14^e.
- Joyer** (Gaston-Ernest), Attaché au Service de la traction à la *Compagnie des Chemins de fer de l'Est*, 147, boulevard Montparnasse, à Paris, 14^e.
- Jumau** (Lucien-Jules), Ingénieur électricien, Ingénieur de la *Société pour le travail électrique des métaux*, 47 bis, rue d'Orsel, à Paris, 18^e.
- Juppont** (Pierre), Ingénieur-Conseil électricien, 55, allées Lafayette, à Toulouse (Haute-Garonne). M. F.
- Keller** (Albert), Administrateur délégué de la *Société des Établissements Keller et Leleux pour les alliages électro-thermiques*, Directeur de la *Compagnie Électro-thermique Keller-Leleux et Cie*, 3, rue Vignon, à Paris, 8^e.
- Kelly** (John-F.), Ingénieur-Conseil électricien, 284, West. Housatonic Street, à Pittsfield (U. S. A.).
- Kempe** (H.-R.), Engineer in chief's Office, General Post Office, London E. C. (Angleterre). M. F.
- Kergorlay** (comte Alain de), Ingénieur-Constructeur, 5, avenue du Château, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Kesseldorfer** (Wilhelm), Ingénieur, Friedrichstrasse, 28 III, à Munich (Bavière).
- Kienast** (Hans), Ingénieur électricien diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Chef du Bureau d'études aux *Établissements Gaumont*, 24, rue Sainte-Croix-de-la-Bretonnerie, à Paris, 4^e.

- Kissel** (Edmond-Florent-Alphonse), 17, avenue de Bellevue, au Parc St-Maur (Seine).
- Klein** (Eugène-Xavier), Sous-Inspecteur au Service du matériel fixe de la *Compagnie des Chemins de fer de l'Est*, 45, rue de la Chapelle, à Paris, 18^e.
- Kleist** (baron Félix de), Ingénieur aux ateliers *Thomson-Houston*, 140, boulevard Raspail, à Paris, 6^e.
- Koch** (Charles-Maximilien), Directeur de la *Société française d'Électricité* A. E. G., 64, avenue Malakoff, à Paris, 16^e.
- Korda** (Désiré), Ingénieur, Administrateur de la *Société bouloonnaise d'éclairage et de force par l'Électricité*, 15, rue Ambroise-Thomas, à Paris, 9^e.
- Kowalski** (Joseph de), Professeur de Physique à l'*Université de Fribourg*, à Fribourg (Suisse).
- Kraft** (Victor), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, en retraite, 53, avenue des Ternes, à Paris, 17^e.
- Krakovski** (Léon), Chef du Bureau d'installations électriques « Elektrotechnik », 50, rue Zlota, à Varsovie (Russie).
- Kraushar** (Julien), 10, Kopernika, à Varsovie (Russie).
- Krebs** (le Commandant), 19, avenue d'Ivry, à Paris, 13^e.
- Kriéger** (Louis), Ingénieur électricien, 3, rue Ampère, à Paris, 17^e.
- Krizik** (Franz), Ingénieur électricien, ancien Élève de l'*École Polytechnique slave de Prague*, à Prague (Autriche).
- Küntziger** (Jean), Ingénieur, 91, rue de Maubeuge, à Paris, 9^e.
- Kupper** (Albert), Ingénieur (E. C. P.) (E. S. E), Ingénieur à l'*Énergie électrique du Sud-Ouest*, à Tuilière, par Saint-Capraise-de-Lalinde (Dordogne).
- Kupper** (Arthur), Ingénieur constructeur, 36, rue Rochechouart, à Paris, 9^e.
-
- Labèque** (Eugène-Jean), Ingénieur, Directeur des *Anciens Établissements Parvillée frères et Cie*, à Cramoisy (Oise).
- La Boulaye** (de), Directeur en retraite de la *Caisse nationale d'épargne*, 240, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris, 8^e. M. F.
- Labour** (Édouard), Ingénieur des ateliers de la Société *l'Éclairage électrique*, 1, avenue Victor-Hugo, à Boulogne-sur-Seine (Seine).
- Labour** (H.), Ingénieur de la *Société Siemens Brothers et Co Ltd*, 13, chaussée de la Muette, à Paris, 16^e.
- Laboureur** (Maurice-Jean-François-Marie), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur civil diplômé, Professeur à l'*École spéciale des Travaux publics* et à l'*École Bréguet*, 68, rue du Rocher, à Paris, 8^e.
- Labroue** (Édouard), Administrateur délégué de la *Compagnie générale électrique du Sud-Ouest*, Ingénieur électricien, Licencié ès sciences, 106, rue de l'Ecole-Normale, à Bordeaux (Gironde).
- Labrouste** (Pierre), 24, rue de l'Hermitage, à Caudéran (Gironde).
- La Casta y Espana** (Joachim), Ingeniero, Director de la *Sociedad Valenciana de Electricidad*, Pizarro A Pral, à Valencia (Espagne).
- Lacauchie** (Lucien), Ingénieur civil, Chef du Laboratoire de la *Compagnie générale des Omnibus*, 18, rue Brochant, à Paris, 17^e.
- Lacaze** (Henri), Administrateur délégué de la *Compagnie anonyme continentale des compteurs*, 9, rue Pétrelle, à Paris, 9^e.

- La Chapelle** (Gabriel de), 11, rue de l'Étoile, à Paris, 16^e.
- Lachave** (A.-L.), Ingénieur électricien, 55 *bis*, rue de Ponthieu, à Paris, 8^e.
- Lacoste** (H.-E.-E.), Ingénieur de la Marine, 1, rue de Traverse, à Brest (Finistère).
- Lacretelle** (Gaston), Administrateur délégué de la *Société de Force et Lumière électriques*, 9, rue de Rocroy, à Paris, 10^e.
- Lafargue** (Pierre-Louis-Jean), Ingénieur au *Bureau technique de l'Électricité*, 19, rue de la Source, à Paris, 16^e.
- Lagabbe** (Charles-Edmond de), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la *Manufacture de Plombières*, à Plombières-les-Bains (Vosges).
- Lagarde** (Casimir), Ingénieur aux *Ateliers de constructions électriques du Nord et de l'Est*, à Jeumont (Nord).
- Lainé** (Maurice), 59, quai Valmy, à Paris, 10^e.
- Lalance** (Auguste), Administrateur délégué de la *Société d'Éclairage du Secteur de la place Clichy*, 53, rue des Dames, à Paris, 17^e.
- Lalande** (Félix de), Ingénieur civil, 183, boulevard Saint-Germain, à Paris, 7^e. M. F.
- Lalande** (Henri), Ingénieur de la *Maison Bréguet*, 34, rue Victor-Hugo, à Lyon (Rhône).
- Laloy** (Jean-Yves), Enseigne de vaisseau, 65, avenue de Breteuil, à Paris, 15^e.
- Lancelot** (François), Directeur de la succursale de la *Compagnie Internationale d'Électricité*, 141, rue Lafayette, à Paris, 10^e.
- Landrin** (Paul), Ingénieur, 20, boulevard de Courcelles, à Paris, 17^e.
- Landry** (Jacques-Marie-Pierre), 3, rue Le Verrier, à Paris, 6^e.
- Landry** (Jean), Ingénieur diplômé de l'*E. P. de Zurich*, Professeur d'Électricité industrielle à l'*Université de Lausanne*, à Lausanne (Suisse).
- Langevin** (Paul), Professeur suppléant au *Collège de France*, Professeur à l'*École de Physique et de Chimie*, 53, rue Boucicaut, à Fontenay-aux-Roses (Seine).
- Langlade** (Joseph), Directeur de la *Compagnie d'Électricité de l'Ouest-Lumière*, 3, quai National, à Puteaux (Seine).
- Langlois** (Jean), Industriel, *La Glacière*, à Rives-sur-Fure (Isère).
- Langot** (Wulfran-Joseph), Ingénieur civil des Constructions navales, Ingénieur électricien (E.S.E.), Ingénieur de la *Maison Védrine*, 48, rue de l'Abbé-Groult, à Paris, 15^e.
- Laporte** (Frédéric-Claude-Marie), Ingénieur civil des Mines, ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Sous-Directeur du *Laboratoire central d'Électricité*, 2, rue Saint-Simon, à Paris, 7^e.
- Laporte** (Georges), Directeur des réseaux de la *Société Énergie électrique du Littoral méditerranéen*, 540, rue de Paradis à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Lapresle** (Antonin), Ingénieur attaché au Bureau de M. G. Eiffel, 199, rue de Vaugirard, à Paris, 15^e.
- Larbitray** (Louis), Ingénieur électricien, 28, rue Saint-Lazare, à Paris, 9^e.
- Lardy** (Auguste), Ingénieur, Sous-Directeur des *Forges d'Hennebont*, à Hennebont (Morbihan). M. F.
- Larnaude** (André), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur-Directeur de la *Compagnie française pour la fabrication des lampes électriques à incandescence*, 31, rue Camille-Desmoulins, à Issy-les-Moulineaux (Seine) et 34, rue Godot-de-Mauroi, à Paris, 9^e.
- Lasserre** (Paul-Gilbert-Marie), Ingénieur à la *Canalisation électrique*, 17, rue de la Pitié, à Paris, 5^e.

- Latour** (Marius), Ingénieur-Conseil de la *General Electric Co, Schenectady (U. S. A.)*, 22, rue de Tocqueville, à Paris, 17^e.
- Laudet** (Gustave-Georges), Ingénieur à la Société l'*Éclairage électrique*, 212, rue de Vaugirard, à Paris, 15^e.
- Laurain** (Henri), Directeur des *Services techniques de la Société du Gaz de Paris*, 5, rue Lallier, à Paris, 9^e.
- Lauriol** (Pierre), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef des *Services d'Éclairage de la Ville de Paris*, 37, avenue Elysée-Reclus, à Paris, 7^e.
- Lauthier** (Edmond-Julien), Ingénieur électricien (E. S. E.), Directeur de l'Usine électrique de Hanoï (*Société Indo-Chinoise d'Électricité*), à Hanoï (Tonkin).
- Lautré** (Jean-Roger), Licencié ès sciences, Ingénieur E. S. E., 61, rue d'Alsace-Lorraine, à Toulouse (Haute-Garonne) et 20, cours du Chapeau-Rouge, à Bordeaux (Gironde).
- Lauxon** (Etienne de), 21, rue Saint-Antoine, à Paris, 4^e.
- Laville** (Charles-Félix), 17, avenue Sainte-Marie, à Saint-Mandé (Seine).
- Léauté** (André), Ingénieur à la *Société Industrielle des Téléphones*, 20, boulevard de Courcelles, à Paris, 17^e.
- Léauté** (Henri), Membre de l'Institut, Administrateur délégué de la *Société industrielle des Téléphones*, 25, rue du Quatre-Septembre, à Paris, 2^e.
- Lebaupin** (Gustave-Léon), Ingénieur électricien, Chef du *Laboratoire d'Électricité des Chemins de fer de l'État*, 83, quai d'Issy, à Issy-les-Moulineaux (Seine).
- Leblanc** (Maurice), Ingénieur-Conseil de la *Société anonyme Westinghouse*, Le Val-sur-Seine, à Croissy (Seine-et-Oise). M. F.
- Leblond** (René), 19, rue Gombert, à Lille (Nord).
- Le Bœuf** (Pierre), Secrétaire de la *Lumière Électrique*, 142, rue de Rennes, à Paris, 6^e.
- Lebon** (René-Camille-Fernand), Ingénieur, Directeur du réseau Roannais, *Énergie électrique du Centre*, Le Coteau (Loire).
- Lehovici** (Jacques), Ingénieur électricien, à la *Société des Acières de France*, à Isbergues (Pas-de-Calais).
- Lebrun** (Marcel-Alfred), Ingénieur électricien, 74, rue d'Alleray, à Paris, 15^e.
- Lebrun** (Pierre), 135, rue de Tolbiac, à Paris 13^e.
- Lecat** (Eugène), Ingénieur électricien à la *Société alsacienne de Constructions mécaniques*, 2, rue Zola, à Belfort (Haut-Rhin).
- Lecerf** (Félix-Achille), Ingénieur des Arts et Manufactures, villa Cora, chemin du Petit-Juas, à Cannos (Alpes-Maritimes), et 47 bis, rue Boileau, à Paris, 16^e.
- Le Chatelier**, Ingénieur des Mines, 73, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris, 6^e.
- Leclanché** (Maurice), Constructeur électricien, 114, boulevard Malesherbes, à Paris, 17^e.
- Lecler** (H.-M.-F.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Inventeur et fabricant des attaches et armatures Centrator pour ciment armé, à Châtellerault (Vienne), et 74, rue de Paris, à Montmorency (Seine-et-Oise). M. P.
- Le Clerc** (G.-R.-M.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur des *Mines de Montigné*, à la Grange, par Montigné (Mayenne).
- Lecocq** (Fernand), 3, Löwenstrasse, à Barmen (Allemagne).
- Lecocq** (Georges-Théophile), Attaché au Service du Matériel roulant de la *Compagnie des Chemins de fer de l'Est*, 123, rue de la Tour, à Paris, 16^e.
- Lecomte** (Albert-Louis), Sous-Directeur de la *Compagnie des Lampes à arc Jandus*, 192, boulevard de Charonne, à Paris, 20^e.

- Ledeuil** (Lucien-Émile-Marius), Ingénieur aux *Ateliers de construction du Nord et de l'Est*, à Jeumont (Nord).
- Ledieu** (Charles-Victor), 14, villa Sainte-Anne, à Asnières (Seine).
- Ledoux** (Robert-Charles-Paul), 250 bis, boulevard Saint-Germain, à Paris, 7^e.
- Leduc** (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, *Installations électro-mécaniques*, 11, rue de la Concorde, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Lefèvre** (Émile), Ingénieur à la *Compagnie électrique du Secteur de la rive gauche de Paris*, 69, boulevard Pasteur, à Paris, 15^e.
- Lefèvre** (Gustave), Ingénieur aux *Établissements Grammont*, à Pont-de-Chérury (Isère).
- Legendre** (Louis-André), Électricien de la *Maison Legendre frères*, 105, rue de Turenne, Paris, 4^e.
- Le Gentil-Parent** (A.), 53, rue de Bapaume, à Arras (Pas-de-Calais). M. F.
- Le Goff** (Charles-Eugène), Ingénieur, Service électrique, *Mines de Liévin*, 17, rue Émile-Roux, à Liévin (Pas-de-Calais).
- Legouéz** (Raynald), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Société Parisienne pour l'Industrie des chemins de fer et tramways électriques*, Administrateur des *Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est*, 83, avenue Malakoff, à Paris, 16^e.
- Legoupil** (Paul), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur aux *Établissements Aubert-Grenier*, 155, rue du Faubourg-St-Denis, à Paris, 10^e.
- Legrand** (Emmanuel), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Docteur ès Sciences physiques, Ingénieur au Service technique du *Crédit Lyonnais*, 62, boulevard Malesherbes, à Paris, 8^e.
- Lehman-Bing** (Jacques), Ingénieur, 45, rue Saint-Sébastien, à Paris, 11^e.
- Le Las** (Maurice), Administrateur délégué de la Société anonyme « *Téléphones Le Las* », 131, rue de Vaugirard, à Paris, 15^e.
- Lelong** (Robert), Ingénieur en chef du Génie maritime, 2, rue Dumont-d'Urville, à Toulon (Var).
- Lemaitre** (Marcel-Charles-Eugène), Secrétaire du Service des Ateliers et de l'Entretien à la *Compagnie internationale des Wagons-Lits* (Services Russes), Chemin de fer de la Baltique, 50, rue Stépanowa, Gare de Ligovo (Russie).
- Le Maréchal** (E.), à Saint-Servan (Ille-et-Vilaine). M. F.
- Lembké** (Henry), Spécialité d'isolants pour l'électricité, 24, rue Albouy, à Paris, 10^e.
- Lemoine** (Charles-Hippolyte), Ingénieur de la *Société des Établissements Gaumont*, 11, rue Armand-Carrel, à Paris, 19^e.
- Le Neve-Foster** (Arthur), 61, Cadogan square, à London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.
- Léo** (François-Henri-Auguste), Inspecteur de l'*Exploitation du Nord*, 25, rue d'Aumale, à Saint-Quentin (Aisne).
- Leprince** (Georges), Ingénieur A. M., ancien Élève de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur de la *Société anonyme des Établissements Lepilliez frères*, rue Faidherbe, à Anzin (Nord).
- Lequeux** (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, 64, rue Gay-Lussac, à Paris, 5^e. M. F.
- Le Roy** (Charles), Ingénieur électricien, 4, rue Théophile-Roussel, à Paris, 12^e.
- Leroy** (Gustave-Jacques-Henri), Ingénieur à la *Société française de Parfums*, 30, rue de Flandre, à Paris, 19^e.

- Leroy** (Maurice), ancien Officier de Marine, Ingénieur électricien, 6, rue de Chantilly, à Paris, 9^e.
- Lesage** (Robert), 113, avenue de Villiers, à Paris, 17^e.
- Leson** (Auguste-Marie), Ingénieur électricien E. S. E., rue Porlorino, à Pontivy (Morbihan).
- Le Soufaché** (J.-P.-M.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Associé de la *Maison F. Grimault, Le Soufaché et Félix*, Anciens Établissements *Henri Rouart*, 50, rue de Laborde, à Paris, 8^e.
- Le Souhaitier** (René-Hector-Jules), Ingénieur électricien, Professeur à l'École nationale professionnelle, à Vierzon (Cher).
- Lestienne** (Waldemar-Jules), 50, rue Chevalier, à Levallois-Perret (Seine).
- Lestrade** (Georges-Paul), Ingénieur des constructions civiles, Licencié en droit, Inspecteur des Services électriques des *Chemins de fer de ceinture*, 105, avenue du Roule, à Neuilly (Seine).
- Lesueur** (Albert-Maurice-Stanislas), Capitaine d'Artillerie, Professeur au *Cours supérieur technique de l'Artillerie*, à Bourges (Cher).
- Lethenle** (Paul), Ingénieur-Conseil, ancien Élève de l'École des Ponts et Chaussées et de l'École supérieure d'Électricité, 10, rue Taithout, à Paris, 9^e.
- Letrou** (Maurice), Ingénieur à la *Société de l'Éclairage électrique*, 11, rue Dorion prolongée, à Paris, 12^e.
- Lévy** (Michel-Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Assistant au *Laboratoire d'essais du Conservatoire national des Arts et Métiers*, 1, impasse du Moulin-Joly, à Paris, 11^e.
- Leyendecker** (Léon-Pierre-Auguste), Inspecteur du Service électrique de la voie, *Usine de la gare*, à Niort (Deux-Sèvres).
- Lezand** (Pierre-Albert), Ingénieur, 22 *ter*, rue Legendre, à Paris, 17^e.
- Liagre** (Charles-Fernand), Ingénieur à la *Société nouvelle de l'Accumulateur Fulmen*, 82, rue du Château, à Asnières (Seine).
- Liénard** (Alfred-Marie), Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'École des Mines, 16, rue Stanislas, à Paris, 6^e.
- Ligneau** (Henri), Enseigne de vaisseau, à Réville (Manche).
- Limb** (Claudius), Docteur ès Sciences, Ingénieur-Conseil électricien, Professeur à l'École Centrale Lyonnaise, 11, quai de l'Archevêché, à Lyon (Rhône).
- Limousin** (Charles-Georges), Ingénieur du Service électrique de la *Compagnie du Gaz de Tours*, 3, rue d'Entraigues, à Tours (Indre-et-Loire).
- Lindé** (Isidore), Ingénieur électricien, Tchistié Prudi, 217, à Moscou (Russie).
- Liouville** (L.-A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, à Saint-Germain, par Corbeil (Seine-et-Oise).
- Lippmann** (G.), Membre de l'Institut, Professeur à la *Faculté des Sciences*, 10, rue de l'Éperon, à Paris, 6^e. M. F.
- Litschgi** (Charles), Ingénieur de la *Société Brown Boverie et C^{ie}*, Pension Maédu, à Baden (Suisse).
- Locherer** (Jacques-Joseph-Auguste), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 45, rue Ampère, à Paris, 17^e.
- Lodyguine** (Alexandre de), Ingénieur électricien honoraire de l'Institut électrotechnique *Alexandre III*, Chef des *Stations de transformation des Chemins de fer*

électriques de la Ville de Saint-Petersbourg, 4, Iverskaïa, à Saint-Petersbourg (Russie).

Lompagueu (Victor), Directeur de l'*Usine électrique de Puteaux, Société anonyme Westinghouse*, 45, boulevard de la République, à la Garenne-Colombes (Seine).

Loppé (François), Ingénieur des Arts et Manufactures, 240, rue de Vaugirard, à Paris, 15^e.

Lorain, Ingénieur des Télégraphes, 18, rue de Staël, à Paris, 15^e.

Loreau (A.), Ingénieur et Conseiller général du Loiret, aux Roches, par Briare (Loiret).

Lorfeuvre (Maurice), Ingénieur à l'*Est-Lumière*, 21, rue de Belfort, à Vincennes (Seine).

Lorin (Charles-Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef des travaux d'électricité de 2^e et 3^e années à l'*École Centrale*, 21, avenue de Tourville, à Paris, 7^e.

Loudrier (Antonin), Ingénieur au *Sud électrique*, à Avignon (Vaucluse).

Louis (Charles-Raoul-Joseph), Ingénieur électrométallurgiste, 2, rue Lamartine, à Tarbes (Hautes-Pyrénées).

Lourme, Directeur général des Postes et des Télégraphes de l'Indo-Chine, en retraite, à Sainte-Foy-la-Grande (Gironde). M. F.

Louvrier (Francis), Ingénieur électricien mécanicien, 1211, Calle Ramon Guzman, à Mexico (Mexique).

Lucas (Félix), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 30, rue Boissière, à Paris, 16^e. M. F.

Luszczkiewicz (Jean-Louis-François), Chef de l'Exploitation de la *Compagnie générale de distribution d'Énergie électrique*, 1, Lices du Sud, à Albi (Tarn).

Lynch (Arthur), Ingénieur civil, Docteur en médecine, 34, Dalebury Road, à Londres W. (Angleterre).

Lyon (Gustave-Frantz), Directeur gérant de la *Société Pleyel, Wolff, Lyon et Cie*, 22, rue Rochechouart, à Paris, 9^e.

Lyon (Max), Ingénieur, 83, avenue du Bois-de-Boulogne, à Paris, 16^e. M. F.

Lyra da Silva (Heitor), Ingénieur des Chemins de fer de l'État Brésilien, 51, rue Cambon, à Paris, 1^{re}.

Machelard (Paul-Maurice-André), 25, rue du Général-Foy, à Paris, 8^e.

Macquet (A.), Ingénieur au Corps des Mines, Professeur de Physique et d'Électricité, Directeur de l'*École des Mines* et *Faculté polytechnique du Hainaut*, 40, boulevard Dolez, à Mons (Belgique).

Madariaga (José-Maria), Professeur d'Électrotechnique à l'*École des Ingénieurs des Mines de Madrid*. Membre de l'*Académie royale des Sciences de Madrid*, 18, rue Zurbano, à Madrid (Espagne).

Madeline (Maurice), Capitaine d'Artillerie au Ministère de la Guerre, 14, rue Rosa-Bonheur, à Paris, 15^e.

Magunna (H.-C.), Ingénieur à la *Société des Télégraphes Multiplex* (système E. Mercadier), 113-115, rue du Cherche-Midi, à Paris, 6^e.

Mahoudeau (Jacques), Licencié ès Sciences, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Compagnie de Fives-Lille*, 84, boulevard Saint-Michel, à Paris, 6^e.

Mailloux (C.-O.), Ingénieur électricien-Conseil, 76, William Street, à New-York (U. S. A.).

- Mailly** (Paul-Marc), Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, à Villafranca in Lunigiana (Italie).
- Mainguenaud** (Pierre-Jean-Claude), Capitaine d'Artillerie au 19^e *régiment d'Artillerie*, à Nîmes (Gard).
- Maisonneuve** (Similien-François), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur-Conseil, 6, rue Voltaire, à Nantes (Loire-Inférieure). M. F. M. P.
- Maiuri** (Guy), Ingénieur-Conseil, 1, via Canova, à Milan (Italie).
- Malandrin** (Jacques-Henri-Joseph), Ingénieur au *Bureau technique de l'Électricité, office d'Ingénieurs-conseils*, 96, rue La Fontaine, à Paris, 16^e. M. P.
- Malassis de la Cussonnière** (René-Marie), Château de la Remblière, à Cuissai, par Alençon (Orne).
- Malaussène** (Albert, *Alziari de*), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Service électrique à la *Compagnie du gaz (Compagnie Lebon)*, 11, rue Saint-Denis, à Oran (Algérie).
- Mambret** (Georges), Ingénieur des Télégraphes, Constructeur d'instruments de précision, 25, rue de la Montagne-Sainte-Geneviève, à Paris, 5^e.
- Manaut** (Georges-André-G.), Ingénieur électricien, 9, rue Mogador, à Paris, 9^e.
- Mandin** (Alexis-Jean-Louis), Ingénieur à la *Société d'Énergie électrique du Littoral méditerranéen (Usine de la Brillanne)*, à Manosque (Basses-Alpes).
- Manescau** (Louis), Ingénieur de l'*Énergie électrique du littoral Méditerranéen*, 38 bis, Grand Chemin de Toulon, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Mangue** (Paul), Ingénieur à la *Compagnie électrique « Loue Lizon »*, à Auxonne (Côte-d'Or).
- Maquaire** (F.-V.), Ingénieur-Conseil, *Applications générales de la Mécanique et de l'Électricité, Instruments de précision*, 101, rue de Vaugirard, à Paris, 6^e.
- Marcandier** (Marcel-Louis-Alexandre), Ingénieur, *Usine des Clavaux*, par Rioupéroux (Isère).
- Marchand Père et Fils**, 15 bis, rue de Buffon, à Paris, 5^e.
- Marchena (de)**, Ingénieur en chef de la *Compagnie française Thomson-Houston*, Administrateur des Sociétés *Énergie électrique du Littoral méditerranéen et Énergie électrique du Sud-Ouest*. Bureau : 10, rue de Londres, à Paris, 9^e. Domicile : 160, boulevard Malesherbes, à Paris, 17^e.
- Marec** (Eugène), Chef d'Atelier à l'*École supérieure d'Électricité*, 14, rue de Staël, à Paris, 15^e.
- Maréchal** (Charles), Ingénieur, Directeur des Services électriques à la *Compagnie du gaz de Lyon*, 12, place Carnot, à Lyon (Rhône).
- Maréchal** (Charles-Louis), Ingénieur, Directeur de la *Compagnie du Tramway de Grenoble à Champareillan*, 3, place de la Bastille, à Grenoble (Isère).
- Maréchal** (Henri), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 272, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris, 8^e.
- Marget** (Edmond-Marie-Adolphe), Capitaine d'Artillerie coloniale, Direction d'Artillerie navale, à Brest (Finistère). M. P.
- Mariage** (Jules), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Laboratoire au *Secteur de la Rive gauche*, 30, rue Péclet, à Paris, 15^e.
- Mariage** (Léon-André), Ingénieur en chef des services techniques de la *Compagnie générale des Omnibus*, 69, boulevard Pasteur, à Paris, 15^e.
- Mario** (Georges), Ingénieur *Société Mors*, 23, rue Poussin, à Paris, 16^e.

- Marie de Chastenay** (Pierre), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur des Services électriques de la *Société anonyme d'Éclairage de la ville de Clermont-Ferrand*, 9, rue de Châteaudun, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- Marks** (Louis-B.), M. M. E., 103, Park Avenue, à New-York City (États-Unis).
- Marqueyrol** (Marius-Daniel), Ingénieur des Poudres et Salpêtres, du *Laboratoire des Poudres et Salpêtres*, 11, rue de l'Arsenal, à Paris, 4°.
- Marsalès** (Paul-Jean-Joseph), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur E. S. E. P., Directeur de la *Société d'Éclairage et de Force motrice de Brive*, à Brive (Corrèze).
- Marshall** (Nusserwauji-Maneckshaw), Electric Light et Power Contractor et Engineer, Esplanade Road, à Bombay (Indes).
- Martel** (Casimir), Ingénieur aux *Mines de Phosphates de Logrosan*, à Logrosan (province de Cacerès) (Espagne).
- Martin** (Gaston-Charles-Marie), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur du Service électrique de la *Compagnie centrale d'Éclairage par le gaz*, au Caire (Égypte).
- Martin** (Jean-Louis-Pierre-Gabriel), Ingénieur électricien, 18, rue de Staël, à Paris, 15°.
- Martinel** (Gérard-Léon), Ingénieur, Directeur de la *Station Électrique du Banquet*, 1, rue Notre-Dame, à Mazamet (Tarn).
- Marting** (Émil-P.-L.), Ingénieur, *Compagnie française des phosphates de l'Océanie*, à Papeete (Ile de Tahiti).
- Martiny** (Joseph-Albert), Directeur des services extérieurs de la *Société des Bains de Mer de Monaco*, à Monaco (Principauté de Monaco).
- Mascart** (Charles), Ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées, 29, rue de Berlin, à Paris, 8°.
- Mascart** (Léon-François), Administrateur délégué de la *Société des établissements Henry Lepaute*, 55, rue de Lille, à Paris, 7°.
- Masó Escubós** (Enrique), Ingénieur électricien, Directeur de la *Centrale électrique de Martorell*, Rambla Estudios, 3, 2°. 1°, à Barcelone (Espagne).
- Masset** (Jacques), 5, rue Geoffroy-Marie, à Paris, 9°.
- Massey** (William-Henry), M. Inst. C. E., Ingénieur à la Cour de Sa Majesté Britannique, Twyford R. S. O. Berks (Angleterre). M. F. M. P.
- Masson** (Georges), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur aux *Établissements Métallurgistes d'Onnaing*, place du Larcin, à Onnaing (Nord).
- Masson** (Léon-Noël), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur en congé hors cadre au *Conservatoire national des Arts et Métiers*, Expert près les *Tribunaux de la Seine*, 22, rue Alphonse-de-Neuville, à Paris, 16°.
- Mathieu** (Camillo-Nicolas), Licencié ès Sciences, Ingénieur électricien (E. S. E. P.), Ingénieur à la *Société Siemens Brothers*, 68, Harwood Road Fulham, à Londres (Angleterre).
- Mathieu** (Émile-Léopold), Directeur d'*usines à gaz*, à Menin (Belgique).
- Mathieu** (Paul-Hyacinthe), Ingénieur électricien, Professeur de physique, Licencié ès Sciences mathématiques et physiques, 3, rue Vauquelin, à Paris, 5°.
- Matty** (Louis-Ferdinand), de la *Maison Pinson et Matty*, Ingénieur-Conseil, casier postal Apartado 908, à Mexico (Mexique).
- Mauduit** (Alexandre-Maurice-Julien), Ingénieur électricien, 25, place de la Carrière, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).

- Maugas** (Gabriel-Émile-Marie), Ingénieur en chef de la Marine, 15, rue Gustave-Zédé, à Paris, 16°.
- Maunoury**, Avocat à la Cour d'appel, 67, rue La Boétie, à Paris, 8°.
- Mayer** (Nathan-H.-Paul), Ingénieur électricien, 8 *bis*, rue de Lisbonne, à Paris, 8°.
- Mazen** (Antoine-Natalis), Ingénieur des Services électriques des *Chemins de fer de l'Ouest-État*, 35, rue Magenta, à Asnières (Seine).
- Mehmed-Emin** (Ben-Ali), Ingénieur des Télégraphes Ottomans, Professeur de Mathématiques à l'*École Normale supérieure de Constantinople*, ancien Élève de l'*École supérieure de Télégraphie à Paris*, Chef du *Bureau technique des Télégraphes ottomans*, à Constantinople (Turquie).
- Meirelles da Silva** (Lino), Ingénieur, 8, rua da Graca, à Bahia (Brésil). M. P.
- Melchior** (Maurice-Charles-Paul), Enseigne de vaisseau, 9, place des Ternes, à Paris, 17°.
- Ménage** (Marcel), Ingénieur à la *Compagnie générale d'Électricité de Creil*, 108, avenue de Villiers, à Paris, 17°.
- Menges** (C.-L.-R.-E.), Villa Mar, à Scheveningue (Hollande). M. F.
- Ménier** (Gaston), Sénateur (Secrétariat), 56, rue de Châteaudun, à Paris, 9°.
- Ménier** (Henri), 8, rue Alfred-de-Vigny, à Paris, 8°. M. F.
- Mensbrugge** (Gust. van der), Professeur à l'*Université de Gand*, à Gand (Belgique). M. F.
- Menuau** (Ch.-L.-M.), Capitaine d'Artillerie, 26, rue Ernest-Renan, à Paris, 15°.
- Mercadier** (E.), Directeur des études de l'*École Polytechnique*, en retraite, Ingénieur des Télégraphes, 10, rue de l'Odéon, à Paris, 6°. M. F.
- Mercier** (Ernest-Frédéric), Ingénieur de la Marine, 80, boulevard Eugène-Pelletan, à Toulon (Var).
- Mercier** (R.-M.-A.), Ingénieur électricien, 1, rue des Grands-Degrés, à Paris, 15°.
- Mercier de Sainte-Croix** (Pierre-Charles), Ingénieur chez *M.M. Lavie et Cie*, 1, rue de Staël, à Paris, 15°.
- Mertz** (F.), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur électricien I. E. G., 2, rue Fantin-Latour, à Grenoble (Isère).
- Messmer** (Alexandre-Jules), Ingénieur électricien, 15, boulevard Davout, à Paris, 20°.
- Mestre** (Eugène), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur du contrôle des *Tramways et du Métropolitain de la Ville de Paris*, 11, avenue Victor-Hugo, à Paris, 16°.
- Meunier** (Gustave-Antoine), Ingénieur électricien, Chef des Services électriques et mécaniques de la *Société des Forces hydro-électriques du Cher*, à Montluçon (Allier).
- Meunier** (Paul-Marie), Ingénieur à la *Société des grands travaux de Marseille*, 66, rue du Tondu, à Bordeaux (Gironde).
- Meunier** (Paul-Pierre), Chef de la *Station électrique de Gothard*, à La Clayette-Baudémont (Saône-et-Loire).
- Mével** (Pierre), Ingénieur à bord du *Pouyer-Quertier*, *Compagnie française des Câbles télégraphiques*, Fort-de-France (Martinique).
- Meyer** (Ferdinand), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Compagnie continentale Edison*, 28, rue de Châteaudun, à Paris, 9°.
- Meyer** (Georges), Directeur du Service commercial de la *Compagnie continentale Edison*, 4, boulevard de Courcelles, à Paris, 17°.
- Meyer** (Marcel), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la *Compagnie générale de Travaux d'éclairage et de force*, 40, rue Blanche, à Paris, 9°.

- Meyer-May** (Albert), ancien Élève de l'École Polytechnique, Directeur des constructions électriques à la *Société industrielle des Téléphones*, 18, av. Niel, à Paris, 17^e.
- Meynier** (Albert-Joseph-Robert), Ingénieur-Conseil, Professeur d'Électrotechnique à l'*Institut industriel du Nord*, 5, avenue Monceau, à Lille-Saint-Maurice (Nord).
- Micaud** (Georges), Docteur en Droit, Ingénieur-Directeur de la *Compagnie électrique du Nord*, 9, rue des Wetz, à Douai (Nord).
- Michard** (Adrien-Gilbert), Ingénieur électricien, chez *M. Prévotat*, 6, boulevard du Port-Royal, à Paris, 5^e.
- Michaux** (Camille-Laurent), Sous-Directeur de la *Société de l'accumulateur Tudor*, 26, rue de la Bienfaisance, à Paris, 9^e.
- Michel** (Auguste-Marie), Administrateur délégué de la *Société d'Électricité Nilmeior*, 10, boulevard Victor-Hugo, à Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise).
- Michel** (Charles-Ferdinand), Directeur de la *Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériels d'Usines à gaz*, 16, boulevard de Vaugirard, à Paris, 15^e.
- Michel** (Claude-Léon-Julien), ancien Élève de l'École des Arts et Métiers, Ingénieur du *Syndicat industriel d'Extrême-Orient*, 55, boulevard de Ménilmontant, à Paris, 10^e.
- Michel** (Pierre-Léon), 28, rue Geoffroy Lasnier, à Paris, 4^e.
- Midoz** (Ch.), Constructeur électricien, 8, rue Gambetta, à Besançon (Doubs).
- Miet** (Maurice), Directeur de l'*Usine électrique de Lisbonne*, 27, rua da Boa Vista, à Lisbonne (Portugal).
- Mildé** (Charles), Constructeur électricien, ancien Président du *Syndicat professionnel des Industries électriques*, 60, rue Desrenaudes, à Paris, 17^e.
- Mille** (Joseph), Ingénieur, Chef du Service électrique à la *Compagnie Centrale d'Éclairage Lebon et C^{ie}* à Alger, Mustapha (Algérie).
- Millien** (Edmond), Ingénieur, aux Grandes-Chènevrières, par Corbigny (Nièvre).
- Milon** (Eugène), Directeur de l'exploitation de la *Société de la Tour Eiffel*, 24, rue de Montessuis, à Paris, 7^e.
- Milon** (Henri-Charles-Cornélius), Ingénieur des Postes et Télégraphes, 15, rue Ernest-Renan, à Paris, 15^e.
- Minard** (Julien-Élisée), Ingénieur, Fondé de pouvoirs de la *Maison Rousselle et Tournaire*, 68, rue Lamarek, à Paris, 18^e.
- Miramont** (Pierre), Ingénieur à la *Compagnie française des Câbles télégraphiques*, 38, avenue de l'Opéra, à Paris, 2^e.
- Mix** (Edgar-W.), Ingénieur en chef de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 12, boulevard des Invalides, à Paris, 7^e.
- Moineau fils** (H.), Ingénieur, 22, boulevard des Filles-du-Calvaire, à Paris, 11^e. M. F.
- Molera** (E.-J.), Ingénieur civil et Électricien, 2025, rue de Sacramento, à San Francisco (U. S. A.). M. F. M. P.
- Mondange** (Alexandre-Frédéric), Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'École supérieure d'Électricité, Directeur des Usines de la *Société d'éclairage de Tarare*, à Tarare (Rhône).
- Mongin** (Émile-Paul), 17, boulevard d'Andilly, à Montmorency (Seine-et-Oise).
- Monmerqué** (A.), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Secrétaire du Comité permanent d'Électricité au Ministère des Travaux publics, 19, rue Decamps, à Paris, 16^e. M. P.
- Monnier** (D.), Ingénieur, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures, 3, impasse Cothenet (22, rue de la Faisanderie), à Paris, 16^e. M. F.

- Monteils** (Henry), Ingénieur aux Services électriques des *Usines métallurgiques du Hainaut*, 1, rue de la Fonderie, à Charleroi (Belgique).
- Montès** (Henri), Ingénieur, 1, rue Littré, à Alger (Algérie).
- Monthiers** (Maurice), ex-Chef du Service de la Section française à l'*Exposition universelle de 1889*, 50, rue Ampère, à Paris, 17^e. M. F.
- Montpellier** (J.), Rédacteur en chef de l'*Électricien*, 130, rue Lecourbe, à Paris, 15^e.
- Moreau de la Meuse** (J.-D.-A.), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 46, rue des Carmes, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Morel** (Charles), Ingénieur-Conseil, 17, petite rue Saint-Maur, à Rouen (Seine-Inférieure).
- Morel-Fatio** (Léon), Ingénieur des Arts et Manufactures, 4, rond-point de Longchamps, à Paris, 16^e.
- Moreno** (O.), Directeur de la *Société nationale des Ateliers de Savignano*, 40, rue Venti Settembre, à Turin (Italie).
- Mors** (Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, 8, rue des Marronniers, à Paris, 16^e. M. F.
- Mortureux** (Louis), Ingénieur, 11, rue de la Charrue, à Dijon (Côte-d'Or).
- Mossé** (Edgar), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, représentant de la *Compagnie générale d'Électricité de Creil*, 36, rue Faidherbe, à Lille (Nord).
- Motin** (Édouard-Maurice), Licencié ès sciences, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur de la *Maison Nassivet et C^{ie}*, 13, rue d'Alger, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Mottet** (Joseph), Concessionnaire exploitant les *Stations hydro-électriques* de Saint-Martin-Vésubie, de Moulinet et de Borgo San Delmazzo Roccavione (Italie), à Saint-Martin-Vésubie (Alpes-Maritimes).
- Mouchard** (Lucien-Louis-Victor), Directeur de la *Compagnie du Gaz et des Eaux*, à Tunis (Tunisie).
- Moulin** (Marcel-André), Chef des Travaux pratiques à l'*École de Physique et de Chimie*, 303, rue du Faubourg Saint-Antoine, à Paris, 11^e. M. P.
- Moulton** (John-Fletcher), Q. C.; F. R. S., 57, Onslow square, London S. W. (Angleterre). M. F. M. P.
- Mousset** (Émile), Président de la *Société des Élèves Industriels de France*, 22, rue du Champs-de-Mars, à Paris, 7^e.
- Mustelier** (François-Joseph), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Directeur de la *Société d'Exploitations minières en Serbie*, à Neresniza, par Koutchevo (Serbie).
- Mychencov** (Constantin), Ingénieur des Chemins de fer russes, à Krasny-Holm, gouvernement de Twer (Russie).
- Naeyer et C^{ie}** (de), à Willebrœck (Belgique). M. F.
- Nansouty** (Max-C. E. Champion de), Ingénieur des Arts et Manufactures, 67, avenue Flachat, à Asnières (Seine). M. F.
- Nathan** (Georges-André), Ingénieur des Arts et Manufactures, 3, rue de l'Étang, à Louveciennes (Seine-et-Oise).
- Nebinger** (Jean-Baptiste), Ingénieur des travaux du jour aux *Mines d'Azincourt de la Société de Denain et d'Anzin*, à Manchecourt (Nord).
- Nédeff** (Nedelteho), Officier de Marine, à Varna (Bulgarie).

- Néel** (Auguste-Jean-Henri), Ingénieur à la *Société normande de Gaz, Électricité et Eau à Touques*, route de Pont-l'Évêque, à Trouville (Calvados).
- Nègre** (Florentin-Alfred-Célestin), Ingénieur électricien, Chargé de conférences techniques et Chef de travaux à l'*Institut électrotechnique*, 1, rue des Fleurs, à Lille (Nord).
- Négricé** (Jacques), avenue de la Gare, à Figeac (Lot).
- Nelson-Uhry** (Emmanuel), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Directeur de l'Agence de Paris de la *Société anonyme Westinghouse*, 73 bis, avenue de Wagram, à Paris, 17^e.
- Néré** (Georges-Clément-Patrice), Professeur à l'*École industrielle de Brest*, 18 bis, rue du Château, à Brest (Finistère).
- Nerville** (Ferdinand de), Ingénieur des Télégraphes, 59, rue de Ponthieu, à Paris, 8^e. M. P.
- Neu** (L.), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur-Conseil, 94, rue du Ran-elagh, à Paris, 16^e.
- Neveux** (Joseph-Marie-Victor), Ingénieur des Arts et Manufactures, 3, rue Mexico, à Maisons-Laffitte (Seine-et-Oise).
- Nicol** (Jules-Vincent-Théodore), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 7, rue de Vaugirard, à Paris, 6^e.
- Nicolaïdi** (Constantin), Administrateur délégué de la *Compagnie hellénique d'électricité Thomson-Houston*, Administrateur de la *Compagnie des tramways d'Athènes et du Pirée*, 7, rue Néophyte Vamva, à Athènes (Grèce).
- Nicolas** (Pierre-Louis), Ingénieur-Conseil, Directeur du *Bureau technique de l'Électricité*, 15, rue de la Pépinière, à Paris, 8^e.
- Nicolini** (Eugène), Directeur de la *Société générale d'Électricité de Paris*, usine de Saint-Denis, 25, boulevard Malesherbes, à Paris, 8^e.
- Nieloud** (Charles-Marie), Directeur de la Succursale de la *Société anonyme des Usines électriques Bergmann*, 13, allées des Capucines, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Niethammer** (Friedrich-Georg), Ingénieur électricien, Professeur de la *Technische Hochschule*, à Brünn (Autriche).
- Nikolsky** (Alexandre de), Sous-Chef du Laboratoire électrique de la *Société française d'Incandescence par le gaz*, 116, rue Victor-Hugo, à Levallois-Perret (Seine).
- Nissou** (Alfred), Ingénieur, Directeur de l'Agence de la *Société de l'Accumulateur Tudor de Lyon*, 106, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône).
- Nissou** (Guillaume), Ingénieur des Arts et Manufactures, 11, rue Cavalotti, à Paris, 18^e.
- Nivet** (Louis-Alphonse-Paul), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Lieutenant de vaisseau, détaché à l'*École supérieure de la Marine*, 13, rue de l'Université, à Paris, 7^e.
- Noé** (Charles-François), Constructeur d'instruments de Physique, 8, rue Berthollet, à Paris, 5^e. M. F.
- Noellet** (Paul-Louis-Henri), Ingénieur électricien, 52, avenue Parmentier, à Paris, 11^e.
- Nouguier** (L.-A. Mage dit), Ingénieur au *Sud électrique*, 4, rue Velouterie, à Avignon (Vaucluse).
- Nouvelle** (Georges), Ingénieur civil, 25, rue Brézin, à Paris, 14^e. M. F.
- Nuchèze** (Henry de), Ingénieur électricien, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Agent général de la *Maison Fabius Henrion* pour la région de l'Est, 102, rue Stanislas, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).

Nugues (Léon-Auguste-Émile), Ingénieur des Arts et Manufactures, Maître de Conférences d'Électricité à l'*École centrale des Arts et Manufactures*, Les Camélias, rue Émile-Deschamps, à Versailles (Seine-et-Oise).

Nury (Jean), Ingénieur en chef à la *Westinghouse Electric Company Limited*, 4, rue Auber, à Paris, 9^e.

Oboukhoff (Nicolas), 12, Tavistok Road Westburn Parn, à Londres (Angleterre).

Odent (Marie-Albert), Sanitary Department, à Bangkok (Siam).

Odin (Jean-Antoine-Joseph), Capitaine d'infanterie coloniale, 8, rue de la Tombe-Issoire, à Paris, 14^e.

Ohdatchi (Gentaro), Mécanicien chef de la Marine japonaise, suiko-sha IV Tesuki-ji, à Tokio (Japon). M. P.

O'Keenan (Charles-Édouard), Ingénieur, Chef du Laboratoire électrique de la *Compagnie parisienne de l'Air comprimé*, les Grands-Champs, à Saint-Cloud (Seine-et-Oise). M. F.

Olivier (Georges-Basile), Directeur-Administrateur, Délégué de la Société anonyme *La Gallo-Roumaine* pour l'Industrie du pétrole en Roumanie, 4, boulevard de l'Académie, à Bucarest (Roumanie).

Olivier (Henri-Paul), 58, rue Boissière, à Paris, 16^e.

Ollivier (Ernest), Ancien élève de l'*École pratique d'Électricité industrielle* et de l'*École supérieure d'Électricité*, 77, rue Sylvabelle, à Marseille (Bouches-du-Rhône).

Opechowski (Édouard), Ingénieur à la *Compagnie d'Électricité de Varsovie*, 11, rue Foksal, à Varsovie (Russie).

Orain (André), 26, rue des Lices, à Angers (Maine-et-Loire).

Oraw (Juhan), Ingénieur du domaine Gr.-Judeiki, Pikeli, Gouvernement de Kovno (Russie).

Ordinaire (Jean-Eugène), 15, rue de la Félicité, à Paris, 17^e. M. P.

Ortmans (Jean), Ingénieur à la *Société anonyme de Saint-Léonard*, 20, rue Sainte-Marie, à Liège (Belgique).

Oudot (René), Ingénieur (E.S.E.P.), Agent pour l'Empire Ottoman de l'*Omnium Industriel franco-ottoman*, Cité de Syrie, à Péra-Constantinople (Turquie).

Oury (Lucien-Fernand), 89, quai d'Orléans, au Havre (Seine-Inférieure).

Pacault (Auguste-Jules), Chef du Service technique à la *Manufacture de gros appareillage électrique*, 37, rue Sedaine, à Paris, 11^e.

Pailleret (Jean-Joseph), Ingénieur des Constructions civiles, Ingénieur au Service de la Voie, à Mont-Louis (Pyrénées-Orientales).

Paiva (Adrien de), Comte de Campo-Bello, Pair de Portugal, Professeur, Membre de l'*Académie royale des Sciences de Lisbonne*, etc., au château de Campo-Bello, à Gaya, près de Porto (Portugal). M. F. M. P.

Pallier (Félix), Ingénieur, 36, rue de Dunkerque, à Paris, 10^e.

Palliére (Antoine), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la *Société de Construction électrique*, Agence des *Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est*, 67, rue Molière, à Lyon (Rhône).

Panine (Wladimir), Ingénieur électricien, à Rostow-sur-le-Don (Russie).

- Pannelier** (André), Ingénieur à la *Société anonyme Westinghouse*, 54, rue de la Bourse, au Havre (Seine-Inférieure).
- Papillon** (Dr), Professeur de clinique médicale, 8, rue Montalivet, à Paris, 8°. M. F. M. P.
- Paquier** (Étienne-Victor-Valentin), Enseigne de vaisseau à bord du *Victor-Hugo*, Escadre légère, à Toulon (Var).
- Paraf** (François-Michel-Jean), Directeur de la *Société d'Énergie électrique du Sud-Ouest*, 26, rue Grange Batelière, à Paris, 9°.
- Parisse** (Eugène), Ingénieur des Arts et Manufactures, 49, rue Fontaine-au-Roi, à Paris, 11°. M. F.
- Parodi** (Hippolyte), Ingénieur-Chef des Services électriques du matériel et de la traction de la *Compagnie des Chemins de fer d'Orléans*, 141, quai d'Orsay, à Paris, 7°.
- Parsons** (Frederic-Jennings), Sous-Directeur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 10, rue de Londres, à Paris, 9°.
- Parvillée** (Louis), Ingénieur-Constructeur, 67, rue d'Amsterdam, à Paris, 8°.
- Paszkowski** (Henri), Ingénieur civil, 8, rue d'Aragon, à Narbonne (Aude).
- Pataud** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Inspecteur du matériel et de la traction de la *Compagnie de l'Ouest*, chargé de la 1^{re} division électrique du matériel, 15, rue de la Fédération, à Paris, 15°.
- Patot** (Henri), Licencié ès Sciences, Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 3, rue du Cher, à Paris, 20°.
- Paty de Clam** (E.-M. Michel du), Enseigne de vaisseau, 1, rue de l'Alma, à Cherbourg (Manche).
- Paulin** (Charles), Ingénieur de la *Maison Bardon*, 77, boul. National, à Clichy (Seine).
- Paulmier** (Abel-Marie-Charles), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Professeur de l'Enseignement technique, chargé du contrôle technique des distributions d'énergie électrique de la Ville et de l'État, 112, rue Beaurepaire, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).
- Paumier** (Georges), Ingénieur électricien, aux *Mines d'Aniche*, boulevard National, à Aniche (Nord).
- Pavie** (Georges-Louis), Ingénieur à la *Compagnie générale de distribution d'énergie électrique*, 5, avenue des Écoles, à Vitry-sur-Seine (Seine).
- Pech** (Lucien-Denis), Ingénieur-Conseil, 25, rue du Drogmanat, à Péra (Constantinople) (Turquie).
- Pélissot** (Louis), 11, rue de l'Aqueduc, à Paris, 10°.
- Pereire** (Gustave), Administrateur des *Chemins de fer du Nord de l'Espagne*, 35, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris, 8°.
- Péridier** (Julien), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur à l'*Énergie électrique du Littoral méditerranéen*, villa des Galeries, chemin du fort Lamalgues, à Toulon (Var).
- Périn** (Louis), Ingénieur chimiste, 2, rue Guichard, à Paris, 16°.
- Pérot** (Alfred), 16, avenue Bugeaud, à Paris, 16°.
- Perouse** (Denis), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, en retraite, Président du Conseil d'Administration de la *Maison Bréguet*, 40, quai de Billy, à Paris, 16°. M. F.
- Péroux** (Étienne), Capitaine d'Infanterie de Marine, en retraite, 11, rue des Canus, à Maisons-Laffitte (Seine-et-Oise).
- Perreau** (François), Professeur de Physique à l'*Université de Besançon*, à Besançon (Doubs).

- Perret** (Joseph), Ingénieur électricien, aux ateliers de *Constructions électriques*, à Jeumont (Nord).
- Perrier** (René), Ingénieur à la *Société Gramme*, 76, rue Botzaris, à Paris, 19°.
- Perrin** (André-Georges-Louis), Ingénieur à la *Société l'Éclairage électrique*, 61, rue de Vaugirard, à Paris, 6°. **M. P.**
- Perrin** (Marie-Jacques), Lieutenant d'Artillerie, 11, rue de la Loire, à Saint-Étienne (Loire).
- Perrin** (Paul), Ingénieur, 52, rue Saint-Louis-en-l'Île, à Paris, 4°.
- Pesetz** (Lucien), Ingénieur électricien à l'*A. E. G.*, 64, Hattenstrasse, à Berlin (Allemagne).
- Pestarini** (Joseph), 218, boulevard Raspail, à Paris, 14°.
- Petit** (Amédée-Édouard), Ingénieur à la *Société Lethimonnier et C^{ie}* (applications de l'électricité), 19, rue Leverrier, à Paris, 6°.
- Petit** (Gaston-Émile), Ingénieur des Télégraphes, Chef du service de la Télégraphie sans fil, 205, boulevard Raspail, à Paris, 14°.
- Petit** (Georges), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur en chef, Chargé des Services de construction et d'essais des Turbines à vapeur Brown Boveri Parsons à la *Compagnie électro-mécanique*, 183 bis, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris, 9°.
- Petit** (Joseph-Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur délégué de l'*Omniun lyonnais de Chemins de fer et Tramways*, 41, rue Saint-Petersbourg, à Paris, 8°.
- Petit** (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur chez *MM. Schneider et C^{ie}*, 42, rue d'Anjou, à Paris, 8°.
- Petitlot** (Louis), Directeur de la *Société anonyme électro-textile*, 53, rue Truffaut, à Paris, 17°.
- Petsche** (Albert), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur de la *Société lyonnaise des Eaux et de l'Éclairage*, 73, boulevard Haussmann, à Paris, 8°.
- Peyré** (Gaston), Ingénieur-Constructeur, 204, rue Saint-Maur, à Paris, 10°.
- Piat** (Albert), 85, rue Saint-Maur, à Paris, 11°. **M. F.**
- Picard** (Joseph-Louis), Lieutenant de vaisseau, commandant l'*Otarie*, flottille des Sous-Marins, à La Pallice (Charente-Inférieure).
- Picard** (Pierre), Inspecteur des Télégraphes, 92, rue du Chomin-de-Fer, à Massy (Seine-et-Oise). **M. F.**
- Pichery** (Lucien), Ingénieur, Propriétaire de l'Ardoisière *la Renaissance*, 7, boulevard Daviers, à Angers (Maine-et-Loire).
- Pichon** (Georges), Ingénieur à la *Société des Ateliers électriques de Saint-Ouen*, 61, avenue du Roule, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Picot** (Pierre-Marie-René), Licencié ès Sciences, 20, avenue Friedland, à Paris, 8°.
- Picou** (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 41, rue Saint-Ferdinand, à Paris, 17°. **M. F. M. P.**
- Pignier** (Paul), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 20, rue Pauquet, à Paris, 16°.
- Pilleux** (Ludovic), Électricien, villa d'Alésia, n° 5, 111 ter, rue d'Alésia, à Paris, 14°. **M. F.**
- Pillier** (Lyonel-Léon), Ingénieur de la *Maison Chauvin et Arnoux*, 186, rue Championnet, à Paris, 18°.
- Piltchikoff** (Nicolas), Professeur de Physique à l'*Institut technique* à Kharkow (Russie). **M. P.**

- Pinet** (Étienne), Sous-Ingénieur des *Canalisations électriques de la Compagnie O. T. L.*, 39, rue Condé, à Lyon (Rhône).
- Pinget** (Robert-Charles-Léon), 80, rue du Ranelagh, à Paris, 16^e.
- Pinson** (Antoine-Philippe), Attaché au Laboratoire d'essais de la *Compagnie française Thomson-Houston*, 3, rue de la Paix, Le Perreux (Seine).
- Pinson** (Émile), de la *Maison Pinson et Matty*, Ingénieur-Conseil, casier postal, Apartado, 908, à Mexico (Mexique).
- Pionchon** (Joseph), Chargé de cours de Physique à la *Faculté des Sciences de Dijon*, 16, rue Berlier, à Dijon (Côte-d'Or).
- Piot** (Félix-Paul-Marius), 1, rue Mizon, à Paris, 15^e.
- Pirani** (Émile), Docteur ès Sciences, Fondé de pouvoirs de la *Société alsacienne de constructions mécaniques*, 92, rue Mozart, à Paris, 16^e.
- Piroëlle** (Marcel), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 173, rue Grande, à Fontainebleau (Seine-et-Marne).
- Pistoye** (Henri-Sigismond-Alphonse-Louis-Marie de), Ingénieur E. C. P. et E. S. E., Ingénieur de la *Société l'Éclairage électrique*, 9, rue de Sontay, à Paris, 16^e. M. P.
- Planchon** (François-Jean), Ingénieur des Arts et Manufactures, 111, rue Caulaincourt, à Paris, 18^e.
- Planteau** (Jean-Émile-Alfred), 63, rue Claude-Bernard, à Paris, 5^e.
- Plisson** (Joseph-Jean), Ingénieur électricien E. S. E., Directeur général de la *Société indo-chinoise d'Électricité*, 87, rue de Passy, à Paris, 16^e.
- Ployart** (Louis-Robert), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Société des marbres de l'Ouest*, à Laval (Mayenne).
- Poggi** (André-Léon), 2, rue de la République, à Arles (Bouches-du-Rhône).
- Poincaré** (Lucien), Docteur ès Sciences, Inspecteur général de l'Instruction publique, 130, rue de Rennes, à Paris, 6^e. M. P.
- Poirson** (Eugène-Jean-Félix), Ingénieur électricien, 15, quai Perrache, à Lyon (Rhône).
- Polack** (Raoul), 7 bis, rue de Villejust, à Paris, 16^e.
- Polack** (Siméon), Licencié ès Sciences mathématiques et physiques, Ingénieur électricien E. S. E., 3, rue de l'Estrapade, à Paris, 5^e.
- Polignac** (prince Camille de), Château de Podwein, Radmannsdorf (Autriche). M. F. M. P.
- Pollak** (Antoine), Directeur technique de la *Société générale de Télégraphie rapide (Pollak et Virag)*, 7, avenue du Coq, à Paris, 9^e.
- Pollard** (Jules), Directeur du Génie maritime, 8, rue de Berri, à Paris, 8^e.
- Pomey** (Jean-Baptiste), Ingénieur des Télégraphes, 140, boulevard Raspail, à Paris, 6^e.
- Poncet** (René-Gabriel), Ingénieur à la *Société d'études spéciales et d'installations industrielles*, 48, rue Auger, à Pantin (Seine).
- Poncharra** (Fernand de), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 30, rue de la Plaine, à Garches (Seine-et-Oise).
- Popp** (Victor), Président de la *Compagnie des Radiogrammes et Applications électriques*, Président de la *Société française des Constructions et Travaux publics*, 19, boulevard Flandrin, à Paris, 16^e.
- Pornin** (Robert), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur au *Métropolitain de Paris*, 162, boulevard Magenta, à Paris, 10^e.
- Porte** (L.), 9, rue Ancelle, à Neuilly-sur-Seine (Seine). M. F.
- Postel-Vinay** (A.), 10, place Saint-François-Xavier, à Paris, 7^e. M. F.

- Poujol** (Lucien), Directeur de la *Compagnie d'Électricité de Marseille*, 61, boulevard Périer, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Poulenc** (Camillo), Docteur ès Sciences, 92, rue Vieille-du-Temple, à Paris, 4^e.
- Poussif** (Georges-Gaston), 103, avenue de la République, à Paris, 11^e.
- Prat** (Fernand), Ingénieur, 15, rue Pétrarque, à Paris, 16^e.
- Pravaz** (Henri), Ingénieur électricien diplômé de l'*Institut électrotechnique Montefiore* Industriel, Associé-gérant des *Anciens Établissements Ch. André et Cie*, 38, Chemin de Saint-Maurice, à Lyon-Montplaisir (Rhône).
- Preece** (William-Henry), F. R. S., M. Inst. C. E., Gothic-Lodge, Wimbledon Surrey (Angleterre). M. F.
- Prève** (Laurent), 4, rue Dante, à Nice (Alpes-Maritimes). M. F.
- Prez-Crassier** (Jean de), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Attaché à la *Compagnie du Chemin de fer du Nord*, 15, rue de Mademoiselle, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Priestley** (Charles-Marie-Édouard), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Gérant de la *Société Vedovelli, Priestley et Cie*, 160, rue Saint-Charles, à Paris, 15^e.
- Prilnker** (Jacob), Ingénieur (E. P. M.) et (E. S. E. P.), Ingénieur à la *Siemens Schukert Werke*, 58, Bluchertrasse, à Berlin S. (Allemagne).
- Proctor** (C.-Faraday), M. I. E. E., Ingénieur, South Benwell Works, à Newcastle-on-Tyne (Angleterre).
- Pruat** (Félix), 4, rue d'Odessa, à Paris, 14^e.
- Quiroga** (Patricio), Ingénieur en mission du *Gouvernement Chilien*, 12, rue Blomet, à Paris, 15^e.
- Racapé** (A.-Louis), Licencié ès Sciences, Mathématiques et Physique générale, Ingénieur électricien, 28, rue de Miromesnil, à Paris, 8^e. M. P.
- Radiguer** (Charles-Félix-Adolphe), Ingénieur de 1^{re} classe du Génie maritime, 51, avenue Bosquet, à Paris, 7^e.
- Ragonot** (Edmond), Ingénieur électricien, 83, rue de Tocqueville, à Paris, 17^e.
- Rambeaud** (René), 4, Grand-Rue, à Parthenay (Deux-Sèvres). M. F.
- Randier** (Pierre-Antoine), 90, rue Saint-Maur, à Paris, 11^e.
- Raoux** (Léon), Ingénieur civil, 13, avenue Louis-Ruchonnet, à Lausanne (Suisse). M. F.
- Rateau** (Auguste-Camille-Edmond), Ingénieur au Corps des Mines, Professeur à l'*École supérieure des Mines*, 20, rue d'Anjou, à Paris, 8^e.
- Rau** (Louis), Administrateur de la *Compagnie continentale Edison*, Président du Conseil d'Administration de la *Société nouvelle des Mines de Rong-Miù*, 7, rue Montchanin, à Paris, 17^e. M. F.
- Raveau** (Camillo), Physicien au Laboratoire d'essais du *Conservatoire national des Arts et Métiers*, 61, boulevard Sébastopol, à Paris, 1^{er}.
- Ravut** (Camillo-Louis), Ingénieur des Postes et Télégraphes, *Usine des câbles sous-marins*, à la Seyne (Var).
- Raymond** (L.), Administrateur honoraire des Postes et des Télégraphes, 36, rue Washington, à Paris, 8^e.
- Raymond** (René-Jean), Ingénieur à la *Compagnie parisienne de distribution d'électricité*, 68, rue de l'Aqueduc, à Paris, 10^e.

- Raynal** (Léon-Jean-Marius), Ingénieur des Postes et des Télégraphes, 2, rue Denis-Godefroy, à Lille (Nord).
- Razet** (Jean-Pierre), Ingénieur physicien, *Usine du Radium*, 46, boulevard de Champigny, à Nogent-sur-Marne (Seine).
- Reboul** (Armand-Paul), Chef du Service électrique à la *Compagnie des Phosphates et du Chemin de fer de Gafsa*, à Sfax (Tunisie).
- Rechniewski** (W.-C.), Ingénieur, 1, avenue de l'Alma, à Paris, 16^e.
- Reckfinghausen** (Max de), Ingénieur en chef de la *Cooper Hewitt Electric Co*, New-York, 4, rue Auber, à Paris, 9^e.
- Redon** (Louis-Paul-Marie-Joseph), Capitaine du Génie, *Établissement central du Matériel de la Télégraphie militaire*, 3 ter, rue des Rosiers, à Paris, 4^e.
- Reiss** (Jean), Ingénieur, 85, rue Saint-Lazare, à Paris, 9^e.
- Rémond** (Olivier), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Société française pour l'Industrie électrique*, 39, boulevard Malesherbes, à Paris, 8^e.
- Renard** (Charles-Eugène-Constant), 10, villa Chaptal, à Levallois-Perret (Seine). M. P.
- Renard** (Lucien), Ingénieur électricien, Successeur de la *Maison d'Électricité J. Thirel*, 26, rue Rochechouart, à Paris, 9^e.
- Renault** (Sigismond), Ingénieur, Directeur chez MM. *Maurice Le Las et Cie*, 82, rue Vaneau, à Paris, 7^e.
- Renou** (René), Directeur technique de la *Compagnie Est-Lumière*, quai de Seine, à Alfortville (Seine).
- Renous** (Jean), Ingénieur des Arts et Manufactures, 9, cours du Chapeau-Rouge, à Bordeaux (Gironde).
- Réol** (Georges-Robert), villa des Falaises, boulevard Maritime, Le Havre (Seine-Inférieure).
- Réthy** (Oscar), Ingénieur de la *Société Ganz et Cie*, Barosster 17, III, 20, à Budapest (Hongrie).
- Reumaux** (Élie), Directeur général de la *Société des Mines de Lens*, ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils de France*, Président de la *Compagnie électrique du Nord*, Président de la *Compagnie de Halage électrique*, à Lens (Pas-de-Calais).
- Reuss** (Paul), Ingénieur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 9, rue Auguste-Bailly, à Asnières (Seine).
- Revel** (Alfred), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur, Chef du Service de la Traction mécanique de la *Compagnie générale des Omnibus*, 17, rue de la République, à Saint-Mandé (Seine).
- Rey** (Jean-Alexandre), Ingénieur civil des Mines, Gérant de la *Maison Harté et Cie*, 26, avenue de Suffren, à Paris, 15^e.
- Rey** (L.), Ingénieur, 97, boulevard Exelmans, à Paris, 16^e. M. F. M. P.
- Reynaud** (Jacques), Licencié ès Sciences, Ingénieur électricien, E. S. E., Secrétaire de la *Société l'Énergie industrielle*, 55, boulevard Montparnasse, à Paris, 6^e.
- Reynier** (André), Ingénieur électricien, 81, rue Caulaincourt, à Paris, 18^e.
- Reyss** (Jean), 49, boulevard Pereire, à Paris, 17^e.
- Ribière** (Charles), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur du *Service des Phares*, 1, rue Edmond-About, à Paris, 16^e. M. P.
- Riccia** (Angelo della), Ingénieur-Conseil, Administrateur délégué de la *Société d'Électricité de Paris*, 25, boulevard Malesherbes, à Paris, 8^e.

- Richard** (André), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, 2, place Morand, à Lyon (Rhône).
- Richard** (Félix-Maxime), Ingénieur civil, Arbitre rapporteur au *Tribunal de Commerce*, Expert auprès du *Tribunal civil*, ancien Président de la *Chambre syndicale de L'Automobile*, 61, rue de Rome, à Paris, 8^e.
- Richard** (Gustave), Agent général de la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, 44, rue de Rennes, à Paris, 6^e.
- Richard** (Jules), Ingénieur-Constructeur, 25, rue Melingue, à Paris, 19^e.
- Riégel** (Louis), Administrateur délégué de la *Manufacture parisienne d'appareillage électrique*, 14, rue Commynes, à Paris, 3^e.
- Rieunier** (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, *Usine électrique des Moulineaux*, à Issy-les-Moulineaux (Seine).
- Rieux** (Antonin-Louis) 127, boulevard Saint-Michel, à Paris, 5^e.
- Rigollot** (Pierre-Claude-Henri), Professeur adjoint à la *Faculté des Sciences de Lyon*, chargé du cours d'électrotechnique générale, Directeur de l'*École Centrale Lyonnaise*, 16, rue Chevreul, à Lyon (Rhône).
- Riollé** (Marius), Ingénieur civil, à Romans (Drôme). M. F.
- Rios Cogollos** (José), 43, rue de Douai, à Paris, 9^e.
- Risler** (Théophile), Ingénieur des Arts et Manufactures, 5, rue Cart, à St-Mandé (Seine).
- Robard** (René), Ingénieur, Administrateur délégué de la *Compagnie des Tréfileries et Laminoirs du Havre*, 51, rue de Rome, à Paris, 8^e.
- Roberjot** (Henri), Chef des travaux d'Électricité à l'*École supérieure des Mines*, 2, rue Parent, à Montgeron (Seine-et-Oise).
- Robert** (Alexandre-Charlemagne), Ingénieur civil (E.C.P.), *Mécanique, Électricité, chauffage*, Ingénieur-Conseil de l'*Institut Pasteur*, du *Jockey-Club*, 11, rue Andrieux, à Paris, 8^e.
- Robillard** (Gabriel), Chef de Laboratoire aux *Ateliers Thomson-Houston*, 208, rue de Vaugirard, à Paris, 15^e.
- Robin** (Maurice), Capitaine d'Artillerie, avenue des Prés-le-Roy, à Bourges (Cher).
- Robinet** (Léon-Louis). Ingénieur de la *Maison Harlé et C^{ie}*, 68, rue Damrémont, à Paris, 18^e.
- Rochas** (Jean), Ingénieur des Télégraphes, 1. cours du Midi, à Lyon (Rhône). M. P.
- Rochas** (Victor), Capitaine d'Artillerie, 44, avenue de Ségur, à Paris, 15^e.
- Roche** (Albert-Paul-François), Sous-Directeur de la *Compagnie du Gaz*, à Biarritz (Basses-Pyrénées).
- Roche** (Camille), ancien Ingénieur de la Marine, Directeur de la *Compagnie de Gaz et d'Électricité de Rennes*, 18, boulevard de la Tour-d'Auvergne, à Rennes (Ille-et-Vilaine).
- Roche** (Gaston), Directeur de l'Usine de la *Société électrique de la lampe Hydra*, 5, rue Gambetta, à Asnières (Seine).
- Roche** (Louis-Edmond-Joseph), Ingénieur électricien E. S. E. P., *Service électrique de la Compagnie du Gaz de Lyon*, 31, rue du Château, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Rochefort-Luçay** (Octave de), Directeur technique du Service d'exploitation des brevets Rochefort pour la Télégraphie sans fil et l'Électricité médicale à la *Société Mors*, 39, rue Cortambert, à Paris, 16^e.
- Roche Grandjean** (Léon), Ingénieur constructeur, 27, boulevard de la Chapelle, à Paris, 10^e.

- Rodet** (Joseph-Émile), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*. Licencié es Sciences. 26, cours Morand, à Lyon (Rhône).
- Rodier** (Pierre), Ingénieur des Arts et Manufactures, diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Directeur de l'*Usine à gaz et de la Station électrique*, à La Rochelle (Charente-Inférieure).
- Rodocanachi** (Emmanuel), 54, rue de Lisbonne, à Paris, 8^e. M. F. M. P.
- Roger** (Charles), Administrateur délégué de la *Société électrique d'Éclairage et de Force des Bouches-du-Rhône*, 30, rue Montgrand, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Roger** (Ernest), Ingénieur-Constructeur, de la *Maison F. Ducretet et E. Roger*, 28, rue Saint-Sulpice, à Paris, 6^e.
- Rohel** (Émile), 10, rue Abel-Hovelacque, à Paris, 13^e.
- Rohrer** (Paul), Attaché à la *Compagnie Continentale des Compteurs*, 35, rue Lamarek, à Paris, 18^e.
- Rolland** (Edmond-Eugène), Ingénieur électricien E. S. E., Ingénieur de la Société *L'Éclairage électrique*, 42, boulevard Beaumarchais, à Paris, 3^e.
- Rollin** (Louis), Ingénieur de la *Maison Fabius Henrion*, 119, rue de Lille, à Paris, 7^e.
- Romeyn** (Hendrik-Adriaan), Ingénieur électricien, 142, Joh. Verhulststr, Amsterdam (Pays-Bas).
- Rosen** (Jean), Ingénieur-Conseil en matière de propriété industrielle, 46, rue de Paradis, à Paris, 9^e.
- Rosier** (Marc), Ingénieur ex-Administrateur-Délégué de la *Compagnie belge d'Installations électriques*, 83, rue de la Folie-Méricourt, à Paris, 11^e.
- Rossignol** (Marcel), Ingénieur à la *Société Claret et Vuilleumier*, 39, boulevard Ornano, à Paris, 18^e.
- Rothschild** (baron Edmond de), 21, rue Laffitte, à Paris, 9^e. M. F. M. P.
- Rothschild** (baron Gustave de), 23, avenue Marigny, à Paris, 8^e. M. F. M. P.
- Rouart** (Alexis), Constructeur mécanicien, 36, rue de Lisbonne, à Paris, 8^e. M. F.
- Roubaud** (Félix), Ingénieur aux *Ateliers Thomson-Houston*, 2, rue Mouton-Duvernet, à Paris, 14^e.
- Rouët de Journal** (Ludovic), Inspecteur du Service électrique de la *Fabrica de Electricidad, Estacion de Madrid à Saragosse et Alicante*, à Madrid (Espagne).
- Rouma** (Auguste), ancien Ingénieur de la *Maison Leclanché et C^{ie}*, 67, rue des Charbonniers, à Bruxelles (Belgique).
- Roundo** (Alfred), Ingénieur attaché à la *Direction des voies de communications de la région de Saint-Petersbourg* et à l'*Institut impérial des Ingénieurs des voies de communications*, 17, rue Bronnitskaïa, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Rouquier** (Emmanuel), Ingénieur E. C. P. et E. S. E., Administrateur délégué de la *Compagnie du Chemin de fer funiculaire de Grasse* et Ingénieur-Conseil de la *Compagnie de Tramways électriques de la côte d'Azur*, 1, boulevard du Jeu-de-Ballon à Grasse (Alpes-Maritimes).
- Rousseau** (André), Chef du Service technique aux *Grands Moulins de Corbeil*, 9, rue de la République, à Corbeil (Seine-et-Oise).
- Rousseau** (Bertrand-Georges), Ingénieur E. S. E., 123, allée de Boutaut, à Bordeaux (Gironde).
- Roussel** (Alfred), ancien Élève de l'*École supérieure d'Électricité*, Inspecteur des Services électriques du *Chemin de fer du Nord*, à Calais (Pas-de-Calais).

Roussel (Anatole-Alphonse), Lieutenant d'Artillerie, Professeur adjoint à l'*École d'Instruction des équipes photo-électriques du littoral*, au Havre (Seine-Inférieure).

Roussel (Maurice), Ingénieur aux *Ateliers Thomson-Houston*, 243 bis, rue de Vaugirard, à Paris, 15^e.

Roussel (Maurice-Charles), Ingénieur en chef du Service de la pose des câbles sous-marins à la *Société industrielle des Téléphones*, 10, avenue Pozzo di Borgo, à Saint-Cloud, Montretout (Seine-et-Oise).

Rousset (C.-G.), Éditeur de l'*Annuaire de l'Électricité* et d'autres Annuaire d'adresses, 114, rue Lafayette, à Paris, 10^e.

Routin (Joseph-Louis), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur-Conseil, Expert près les Tribunaux de Lyon, 6, rue Auguste-Comte, à Lyon (Rhône).

Rouvel (Valentin), Ingénieur principal des Services du jour de la *Société anonyme des Mines de Carmaux*, à Carmaux (Tarn).

Roux (Bernard), Ingénieur civil, 72, boulevard Montparnasse, à Paris, 14^e.

Roux (Gaston), Ingénieur-Conseil, Expert près le Tribunal civil de la Seine, Directeur du *Bureau de contrôle des installations électriques*, 12, rue Hippolyte-Lebas, à Paris, 9^e.

Rouyer (Charles), Capitaine d'Artillerie, Professeur au *Cours supérieur technique d'Artillerie*, à Bourges (Cher).

Rouyer (Jean), Chef du service des Essais à la *Société anonyme Westinghouse*, au Havre (Seine-Inférieure).

Roy (Georges-Eugène), Chef des *Travaux de Physique* à la *Faculté des Sciences de Dijon*, 13, rue René-Fleutclot, à Dijon (Côte-d'Or).

Roy (Louis-Maurice), Licencié ès Sciences, Préparateur à l'*École supérieure d'Électricité*, 1, rue d'Alençon, à Paris, 15^e.

Roycourt (Eugène-Alphonse), Constructeur électricien, *Successeur de L. Bonetti* 71, avenue d'Orléans, à Paris, 14^e.

Royer (Henri), Ingénieur principal de la Marine, Sous-Directeur de l'*École du Génie maritime*, 140, boulevard du Montparnasse, à Paris, 14^e.

Ruelle (Adrien-Jules-Victor), Ingénieur civil des Mines, Sous-Inspecteur de l'Exploitation de la *Compagnie du chemin de fer P.-L.-M.*, 20, boulevard Diderot, à Paris, 12^e.

Rufz de Lavison (de), 42, boulevard Maillot, à Neuilly-sur-Seine (Seine). M. P.

Russell (Charles-J.), District Manager of the *Philadelphia Electric Co.*, Tacony, Philadelphia (Penna.) (U. S. A.).

Sabatié-Garat (Pierre), Inspecteur à la *Société du Nord et de l'Est*, à Vauxbuin, près Soissons (Aisne).

Sabatier (Lucien), Directeur de la *Société indo-chinoise d'Électricité*, à Haiphong (Tonkin).

Sabine (Alfred), Secrétaire général de la *Société Siemens and Co*, 12, Queen-Anne's gate, London S. W. (Angleterre).

Sabourain (J.-A.), Directeur honoraire des Postes et des Télégraphes, Secrétaire du Comité d'administration de la *Société internationale des Électriciens*, 30, rue Bonaparte, à Paris, 6^e. M. F.

- Sabouret**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction à la *Compagnie du chemin de fer de l'Ouest*, 132, rue de Rennes, à Paris, 6^e.
- Sacquet** (Edmond), Ingénieur électricien de la *Maison Harlé et Cie*, 39, rue des Vignes, à Paris, 16^e.
- Saget** (Julien-Emmanuel-Marie), Ingénieur à la *Maison GaiFFE*, 22, rue de Chartres, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Saglio** (Victor), Directeur de la *Compagnie générale électrique de Nancy*, 7, rue Théodore-de-Banville, à Paris, 17^e.
- Saïd** (Mehmed), Ingénieur électricien E. S. E., Poste restante française, boîte 43, Galata, Constantinople (Turquie).
- Saint Blancard de Saint Victor** (Adalbert-Marie-Timoléon-Joseph de), Enseigne de vaisseau de réserve, 90, rue Cambronne, à Paris, 15^e.
- Saint-Léger** (Jean-Maurice de), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur délégué de la *Compagnie des Eaux et du Gaz* de Rostoff-sur-Don (Russie), 18, rue Marbeuf, à Paris, 8^e.
- Saint-Martin** (Henri-Joseph-Félix), Ingénieur à la *Société de l'Accumulateur Tudor*, 22, rue de Tocqueville, à Paris, 17^e.
- Saivre** (Maurice de), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Secrétaire général de la *Société d'Électricité Alioth*, 14, rue Sédillot, à Paris, 7^e.
- Saladin** (E.), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur principal aux *Établissements Schneider et Cie*, 42, rue d'Anjou, à Paris, 8^e.
- Salomons** (Sir David), M. A. Broomhill, Tunbridge Wells (Angleterre). M. P.
- Sanarens** (J.-J.), Chef de l'exploitation de la *Société boulonnaise d'Éclairage et de Force par l'Électricité*, 4, place Frédéric-Sauvage, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).
- Sanchez-Cuervo** (Luis), Ingénieur espagnol des Ponts et Chaussées, Fondé de pouvoirs et Chef du bureau de traction à la *Compagnie A. E. G. Thomson-Houston Ibérique*, 20, Calle del Prado, 42, à Madrid (Espagne).
- Sandré** (Henri), Enseigne de vaisseau, 10, rue des Acacias, à Paris, 17^e.
- Sandström** (Robert), Ingénieur, *Établissements Grammont*, villa des Tilleuls, à Crémieu (Isère).
- Sannier** (René-Louis), Ingénieur électricien, 3, rue des Jacobins, à Amiens (Somme).
- Santa-Maria** (Richard de), Recteur de la *Faculté de Mathématiques et Génie civil de Bogota (Colombie)*, 16, rue Pierre-Charron, à Paris, 16^e.
- Sanyas** (Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de la *Société hydro-électrique roussillonnaise*, cité Bartissol, à Perpignan (Pyrénées-Orientales).
- Sarda-Garriga** (Paul-Lucien), Sous-Directeur de la Société *Le Carbone*, à Notre-Dame-de-Briançon (Savoie).
- Sarrat** (F.-J.), Ingénieur en chef de la *Compagnie générale de Railways et d'Électricité*, 16, rue du Congrès, à Bruxelles (Belgique).
- Sarriaux** (Jean-René), 4, rue Treillard, à Paris, 8^e.
- Sartiaux** (Albert), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Chef de l'Exploitation à la *Compagnie des Chemins de fer du Nord*, 40, boulevard de Courcelles, à Paris, 17^e.
- Sartiaux** (Eugène), Ingénieur chef des Services électriques au *Chemin de fer du Nord*, Ancien Président de l'*Association amicale des Ingénieurs électriciens*, 48, rue de Dunkerque, à Paris, 9^e. M. F.

- Saucède** (Henri-Lucien), Ingénieur des constructions civiles, 52, rue de Torey, Le Creusot (Saône-et-Loire).
- Saudan** (Jacques), 4, rue Barye, à Paris, 17^e.
- Saumon** (Georges), Ingénieur électricien A. M., E. S. E., Directeur de la *Société bagnéraise d'Éclairage, Gaz et Électricité*, à Bagnères-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées).
- Sauvage** (Paul), Secrétaire général de la *Société parisienne pour l'industrie des Chemins de fer et Tramways électriques*, Secrétaire du Conseil d'Administration de la *Société des Ateliers de Constructions électriques du Nord et de l'Est*, Ingénieur de la *Société française Sprague*, 75, boulevard Haussmann, à Paris, 8^e.
- Sauze** (Eugène-Louis), Licencié ès Sciences, Ingénieur E. S. E., 5, rue de Viroflay, à Paris, 15^e.
- Savatier** (Lucien), ancien Chef des Services électriques de la *Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée*, Ingénieur des Arts et Manufactures, Château du Rouet, près le Muy, et Villa Coquette, à Toulon (Var).
- Scheffler** (André), Électricien, villa Seyfarth, avenue Shakespeare, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Schillès** (Albert), Ingénieur à la *Société Énergie électrique du Littoral méditerranéen*, 38 bis, Grand Chemin de Toulon, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Schlumberger** (Godefroy), Ingénieur-Directeur de la Société *L'Électricité de Montmorency*, 83, rue de Paris, à Montmorency (Seine-et-Oise).
- Schœn et Charlet**, Ingénieurs-Conseils, 17, rue de la République, à Lyon (Rhône).
- Schombourger** (Lucien-Nicolas-Constantin), Ingénieur diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Ingénieur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 14, rue du Mont-Thabor, à Paris, 1^{er}.
- Schuhler** (Paul-André), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur Sous-Directeur de la *Fabrication des Billets de la Banque de France*, 103, avenue de Neuilly, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Schwarberg** (Eugène-Gustave), Directeur de la *Compagnie Électromécanique*, au Bourget (Seine).
- Sciama** (Gaston), Directeur de la *Maison Bréguet*, 19, rue Didot, à Paris, 14^e. M. F.
- Sebert** (le Général H.), Membre de l'Institut, Administrateur de la *Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée*, 14, rue Brémontier, à Paris, 17^e. M. F. M. P.
- Sée** (Raymond-Pierre-André), Directeur adjoint de la *Compagnie d'Électricité Ouest-Lumière*, 25, avenue Wagram, Paris, 17^e.
- Séguier** (Pierre-Arthur-Joseph de), Ancien élève de l'École Polytechnique, Ingénieur électricien, 12, rue Cortambert, à Paris, 16^e.
- Séguin** (Léon), Directeur de la *Société d'Éclairage par le Gaz et par l'Électricité*, au Mans (Sarthe).
- Seiler** (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, 17, rue Martel, à Paris, 10^e.
- Sekutowicz** (Ladislas-Arthur), Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du Service de la traction aux *Ateliers Thomson-Houston*, 17, rue de Baudreuil, à Meudon (Seine-et-Oise).
- Seligmann-Lui** (G.-P.), Inspecteur général des Télégraphes, 78, rue Mozart, à Paris, 16^e. M. F. M. P.
- Sellier** (Albert-Eugène), *Charbonnage de Rykouski*, par Jousofka, Gouvernement d'Ekatérinoslaw (Russie méridionale).

- Sellon** (John, Seudamore), 78, Hatton garden, London E. C. (Angleterre). M. F. M. P.
- Sémichon** (Jules-Jean-Baptiste), Directeur des ateliers de la Société *L'Éclairage électrique*, 66, rue Théophile-Gautier, à Paris, 16^e.
- Semmola** (Eugène), Directeur honoraire de l'*Observatoire météorologique de l'Université de Naples*, Calata, Trinita Maggiore, 53, à Naples (Italie).
- Senet** (Eugène-Étienne), Chimiste-Négociant, 32, boulevard Haussmann, à Paris, 9^e.
- Sergot** (Gaston-Jean), 14, rue Théodule-Ribot, à Paris, 17^e.
- Serrin** (Henri-Georges-Charles), Ingénieur électricien, 13, boulevard du Temple, à Paris, 3^e.
- Sharp** (Clayton-Hubrey), Test Officer of the Electrical Testing Laboratory, 80th Street and East End Avenue, New-York City (U. S. A.).
- Siegfried** (Jacques), Président du *Secteur électrique de Clichy*, 38, rue Fabert, à Paris, 7^e.
- Siegler** (Jean-Paul), Ingénieur au Corps des Mines, 1, rue Jean-Bologne, à Paris, 16^e. M. P.
- Sikorski** (Mieczyslaw), 48, boulevard Garibaldi, à Paris, 15^e.
- Simon** (Paul), Ingénieur-Conseil, Expert près les Tribunaux, 1, quai de l'Est, à Lyon (Rhône).
- Simonin** (Albert), Ingénieur des Travaux publics coloniaux, à Saïgon (Cochinchine).
- Simpson** (Geo. Palgrave), B. ès S., M. I. E. E., Board of Trade (exhibition Branch) queen anne's Chambers, Westminster, Londres S.W. (Angleterre). M. F. M. P.
- Sire de Vilar** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, Diplômé de l'*École supérieure d'Électricité*, Constructeur mécanicien, 170, rue Michel-Bizot, à Paris, 12^e.
- Siry** (Étienne), Administrateur de la *Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston*, 31, rue Claude-Vellefaux, à Paris, 10^e.
- Skrivanov** (Marcel-Paul de), 15, avenue Félix-Faure, à Paris, 15^e.
- Smith** (Juan-Tomas), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées de la *République de l'Uruguay*, 243, Rincou, à Montevideo (République de l'Uruguay).
- Snijders** (J.-A.), C. J. ZN., Professeur d'Électrotechnique à l'*École Polytechnique de Delft*, 65, Voorstraat, à Delft (Pays-Bas).
- Société anonyme des établissements Adt**, à Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle).
- Société anonyme des Établissements Maljournal et Bourron**, 128, avenue Thiers, à Lyon (Rhône).
- Société anonyme des Manufactures des glaces et produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey**, 3, place des Saussaies, à Paris, 8^e.
- Société des Forces motrices et Usines de l'Arve**, à Chedde, par Le Fayet (Haute-Savoie).
- Société française des Câbles électriques**, 11, chemin du Pré-Gaudry, à Lyon (Rhône).
- Société française Erlikon**, 9, rue Pillet-Will, à Paris, 9^e.
- Société l'Éclairage électrique**, 364, rue Lecourbe, à Paris, 15^e.
- Société lyonnaise des forces motrices du Rhône**, 37, rue de la République, à Lyon (Rhône).
- Société Parisienne pour l'industrie des Chemins de fer et des Tramways électriques**, 75, boulevard Haussmann, à Paris, 8^e.

- Sogno-Lafongt** (Edmond-Jean-Baptiste), Ingénieur-Conseil, Expert près le *Tribunal civil de la Seine*, 4, rue Nocard, à Paris, 15^e.
- Solvay** (Ernest), Industriel, 45, rue des Champs-Élysées, à Bruxelles (Belgique).
M. F.
- Solvay et C^{ie}**, à Dombasle-sur-Meurthe (Meurthe-et-Moselle).
M. F.
- Sorlin** (Félix), Ingénieur à la *Société française des Câbles électriques*, 349, avenue de Saxe, à Lyon (Rhône).
- Sosnowski** (K.), Ingénieur civil, Administrateur-Directeur de la *Société de Laval*, 13, rue Clément-Marot, à Paris, 8^e.
- Souben** (Gabriel), Dessinateur à la *Maison Bréguet*, 28, rue Tiphaine, à Paris, 9^e.
- Soucadauch** (René), Ingénieur électricien, *Compagnie générale d'Électricité*, à Albi (Tarn).
- Souchier** (F.), Électricien de la *Société d'Électricité Souchier et C^{ie}*, 8, rue de Belgique, à Nice (Alpes-Maritimes).
M. F.
- Soulat** (Jean), Constructeur électricien, 25, rue Michel-le-Comte, à Paris, 3^e.
- Soulé** (D.), Fabricant d'appareillage électrique, à Bagnères-de-Bigorre (Hautes-Pyrénées).
- Soulier** (Alfred), Secrétaire de la Rédaction de l'*Industrie électrique*, 7, rue de la Gare, à Arcueil (Seine).
- Soumet** (Armand-Pierre), Ingénieur électricien, 17, rue Denfert-Rochereau, à Belfort (Haut-Rhin).
- Stahl** (J.), Ingénieur attaché aux *Établissements Lazare Weiller et C^{ie}*, à Gravelle-Sainte-Honorine (Seine-Inférieure).
M. F.
- Stahl** (Paul-Théodore-Waldemar), Ingénieur de MM. *Schneider et C^{ie}*, 5, cours Morand, à Lyon (Rhône).
- Stanley** (William), Great, Barrington Mass. (U. S. A.).
- Stapfer** (D.), Ingénieur E. C., Constructeur de machines, boulevard de la Major, à Marseille-Joliette (Bouches-du-Rhône).
M. F. M. P.
- Steinmann** (Henri), Ingénieur électricien, Principal de la *Société des Houillères de Ponchamp*, à Ronchamp (Haute-Saône).
- Sternberg** (Antony-Lucien), 72, rue Jouffroy, à Paris, 17^e.
- Stevenin** (Eugène), boulevard Caraman, à Denain (Nord).
- Steynis** (Jan), Ingénieur C^o *Netherland Club*, 47, S. 25 th. Street, à New-York (U. S. A.).
- Stichter** (G.-L.-A.), Ingénieur chez MM. *Balsan et C^{ie}*, à Châteauroux (Indre).
- Stone** (W.-H.), Foreign Secretary Department of Communications, à Tokio (Japon).
M. F.
- Street** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur délégué de la *Société anonyme Le Carbone*, 3, rue Legendre, à Paris, 17^e.
- Stroh** (A.), B. A., 98, Haverstock Hill, London, N. (Angleterre).
M. F.
- Stugocki** (Adolphe-Paul), Ingénieur chez MM. de Lorient et Fivet, représentants pour la région du Nord de la *Société alsacienne de Constructions mécaniques*, Nouveau boulevard, à La Madeleine-lez-Lille (Nord).
- Sudria** (Joachim), Directeur de l'*École préparatoire à l'École supérieure d'Électricité*, 26, rue de Staël, à Paris, 15^e.
- Swyngedauw** (R.-A.), Professeur de Physique et d'Électricité industrielles à la *Faculté des Sciences, Institut électrotechnique*, 1, rue des Fleurs, à Lille (Nord).

- Szarvady** (Géza), Ingénieur, Répétiteur des cours d'Électricité à l'*École centrale des Arts et Manufactures*, 4, rue Théodule-Ribot, à Paris, 17^e.
- Taboury** (Pierre-Alfred), Ingénieur électricien, à Couzeix (Haute-Vienne).
- Tachard** (André-Pierre), Ingénieur civil, Fondateur de pouvoirs de la *Société alsacienne de Constructions mécaniques*, 4, rue de Vienne, à Paris, 9^e.
- Tacquet** (Pierre), 12, rue Dufour, à Amiens (Somme).
- Tainturier** (Camille), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de l'*Usine électrique des Moulineaux*, 6, chemin de l'Ermitage, à Meudon (Seine-et-Oise).
- Tamm** (Henri), Ingénieur directeur des *Ateliers de la Maison Fibert*, 31, rue Planchat, à Paris, 20^e.
- Tardy de Montravel** (Félix-Joachim), Ingénieur, Directeur de la *Compagnie d'Électricité*, impasse du Jeu de Ballon, à Montpellier (Hérault).
- Tartary** (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Administrateur de *Chemins de fer d'intérêt local et de Tramways*, 13, rue Auber, à Paris, 8^e.
- Taubé** (Baron G. de), 81, boulevard de Courcelles, à Paris, 17^e.
- Tauber** (Karl-Paul), Ingénieur, Rotbuchstrasse, 32, à Zurich IV (Suisse).
- Tavernier** (Charles), 11, rue Lacépède, à Paris, 5^e.
- Tchernosvitoff** (Nicolas), Ingénieur électricien, *Institut Polytechnique*, Angliisky prospect d. 5-7 kb. 21, Lesnoï, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Teissier du Cros** (Henri-Émile), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Ingénieur civil des Mines, Ingénieur à la *Canalisation électrique*, 3, rue Mage, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Tellier** (Henri), Ingénieur à la *Maison Bréguet*, 92, rue de Turenne, à Paris, 3^e.
- Terquem** (Émile), Libraire-éditeur, 19, rue Scribe, à Paris, 9^e. M. F.
- Tesla** (Nikola), Ingénieur électricien, hôtel Gerbach, 45 W, 27th Street, à New-York (États-Unis).
- Texier-Bernier** (Georges-Marcel), Ingénieur à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 7, rue Nicolas-Charlet, à Paris, 15^e.
- Thélin** (Johan-L.-P. de), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur électricien E. S. E., 9, rue Péré, à Tarbes (Hautes-Pyrénées).
- Thévenard** (Auguste), Ingénieur à la *Compagnie continentale Edison*, chargé de la direction de l'*Usine centrale du Palais-Royal*, 1, rue de Valois, à Paris, 1^{re}. M. F.
- Thiébaud** (V.-E.), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, 22, rue de Lisbonne, à Paris, 8^e.
- Thielemans** (L.-J.-P.-M.), 110, rue de Rennes, à Paris, 6^e.
- Thiercelin** (Pierre), Directeur de *Le Nouveau Journal du Gaz et de l'Électricité*, Fondateur et Directeur général de la *Compagnie pour l'Éclairage des villes et la fabrication des compteurs*, 23, rue de Cléry, à Paris, 2^e. M. F.
- Thiéry** (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, 11, rue Ferrand, à Valenciennes (Nord).
- Thiriet** (Jean-Baptiste), Ingénieur électricien, Directeur Gerente *Compania Electrica da Zacatecas*, Apartado 80, Zacatecas, à Mexico (Mexique).
- Thirion** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, 18, allée Sainte-Catherine, à La Varenne-Saint-Hilaire (Seine).
- Thoisy** (Paul de), 36 bis, rue Jouffroy, à Paris, 17^e.
- Thomann** (Albert), Ingénieur, Chef du bureau des Études de MM. Japy frères et C^{ie}, à Beaucourt (Haut-Rhin).

- Thomas** (Hippolyte), Ingénieur des Télégraphes, 15, rue Valentin-Haüy, à Paris, 15°.
- Thomas** (Sébastien), 39, rue Michelet, au Havre (Seine-Inférieure).
- Thomé de Charaix** (Georges), Licencié ès Sciences de la Faculté de Paris, Ingénieur E. S. E., aux *Ateliers de la Compagnie de Fives-Lille*, à Givors (Rhône).
- Thomson** (Elihu), Electrician with *general Electric and Thomson Houston Electric Co*, à Swampscott, Mass. (États-Unis).
- Thuloup** (Émile-Adrien-Albert), Ingénieur du Génie maritime, à l'arsenal de Lorient, à Lorient (Morbihan).
- Thurnauer** (Ernest), Ingénieur, 60, rue Pierre-Charron, à Paris, 8°.
- Thury** (R.), Ingénieur Conseil de la *Compagnie de l'Industrie électrique et mécanique*, 25 bis, route de Florissant, à Genève (Suisse). M. H.
- Ticier** (Armand), Directeur de la *Société d'Éclairage électrique de Bordeaux et du Midi*, 4, rue Michel-Ange, à Paris, 16°.
- Tillot** (Maurice), Ingénieur, 42, rue du Four, à Paris, 6°.
- Tirefort** (Camille-Marie-Engène), Licencié ès Sciences, Ingénieur E. S. E., 163, boulevard du Montparnasse, à Paris, 6°.
- Tison** (Dr Édouard), 92, boulevard Raspail, à Paris, 6°. M. F.
- Tissot** (Camille), Lieutenant de vaisseau, Professeur à l'*École navale*, à Brest (Finistère).
- Tissot** (Edmond), Inspecteur de la *Compagnie des Chemins de fer du Nord de l'Espagne* (Service électrique de l'exploitation), 21, avenida de Alfonso XIII, à Valladolid (Espagne).
- Tobler** (Adolphe), Professeur à l'*École Polytechnique suisse*, Lieutenant-Colonel d'Artillerie, Winkelwiese, 4, à Zurich (Suisse).
- Tonnart** (André-Joseph), Directeur des ateliers de la *Société Le Carbone*, 12, place Pereire, à Paris, 17°.
- Tosi** (Alexandre), Ingénieur à la dépendance d'un *Syndicat pour les études et l'exploitation du système de Télégraphie sans fil dirigeable Bellini-Tosi*, 4, rue du Vingt-Neuf-Juillet, à Paris, 1°.
- Touanne (de la)**, Ingénieur des Télégraphes, 80, rue Bonaparte, à Paris, 6°. M. P.
- Touchard** (René H.), Ingénieur civil des Mines, de la *Maison Palle, Bertrand et Cie* Le Chambon-Feucherolles (Loire).
- Toulon** (Paul-Donat), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 106 bis, rue de Rennes, à Paris, 6°.
- Tournaire** (Charles-Émile), Administrateur délégué, Directeur de la *Maison Rousselle et Tournaire*, 52, rue de Dunkerque, à Paris, 9°.
- Trautner** (Maurice), Ingénieur de la *Maison Legendre frères*, 48, avenue Marceau, à Courbevoie (Seine).
- Traz** (Jean de), Ingénieur, Secrétaire de la Direction de la *Compagnie française des Métaux*, 10, rue Volney, à Paris, 2°.
- Trenzen** (Docteur C.), 30, Kaldenkirchenerweg, à Venlo (Hollande).
- Tresca** (Gustave), Ingénieur civil, Conservateur honoraire des collections du *Conservatoire des Arts et Métiers*, 7, boulevard Saint-Germain, à Paris, 5°.
- Triguieros de Martel** (Valdez), Ingénieur civil des Mines, adjoint à la Direction générale du Commerce et Industrie, Administrateur délégué de la *Companhia productora de Electricidade*, 73, rua do Visconde-de-Saint-Ambrosio, à Lisbonne (Portugal).

- Tripier** (D^r A.), 8, rue Castellane, à Paris, 8^e. M. F.
- Tripier** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, 17, rue Alphonse-de-Neuville, à Paris, 16^e.
- Tritz** (Marcel), Ingénieur à la *Compagnie Électro-Mécanique*, 36, rue Damrémont, à Paris, 18^e.
- Troost** (L.), Membre de l'Institut, Professeur à la *Sorbonne*, 84, rue Bonaparte, à Paris, 6^e. M. F.
- Trouilhet** (F.-L.-A.), Ingénieur, 3, rue Bellecour, à Lyon (Rhône).
- Turbiaux** (Paul), Directeur de l'*Électricité moderne*, 29, allées de Tourny, à Bordeaux (Gironde).
- Turenne** (Paul), *Maison Barbier, Bénard et Turenne*, 82, rue Curial, à Paris, 19^e. M. P.
- Turpain** (Albert), Professeur de Physique à la *Faculté des Sciences de l'Université de Poitiers*, 95, rue de la Tranchée, à Poitiers (Vienne).
- Turrettini** (Théodore), Ingénieur, Président du Conseil administratif de la ville de Genève, Directeur de la *Société genevoise pour la construction d'instruments de Physique*, à Genève (Suisse).
- Ullmann** (Jacques), Constructeur électricien, 16, boulevard Saint-Denis, à Paris, 10^e.
- Unné** (Georg), Directeur de l'Usine de la *Société anonyme Westinghouse*, au Havre (Seine-Inférieure).
- Urbain** (Georges), Chef du Laboratoire de la *Compagnie générale d'Électricité*, rue du Bac, à Ivry-Port (Seine).
- Uzel** (Pierre), Ingénieur électricien, *Maison Hurlé et C^{ie}*, 39, rue Vital, à Paris, 16^e.
- Vagniez** (Bénoni), 14, rue Lemer cier, à Amiens (Somme). M. F. M. P.
- Valbreuze** (Robert de), Ingénieur électricien, Administrateur Délégué des *Anciens Établissements Deberghe et Lafaye*, Secrétaire général de la *Société internationale des Électriciens*, 8, rue Lévis, à Paris, 17^e. M. P.
- Valensi** (Raoul), Enseigne de vaisseau, 57, boulevard Pereire, à Paris, 17^e.
- Vallance** (Théophile), Directeur des *Postes et des Télégraphes de la Gironde*, à Bordeaux (Gironde). M. F.
- Vallée** (Gabriel-Joseph de), 3 bis, rue Mizon, à Paris, 15^e.
- Van Deth** (Henri), Chef du bureau des Études à la *Société industrielle des Téléphones*, 7, quai de Javel, à Paris, 15^e.
- Vandeveldé** (Henri), Ingénieur de l'*Institut industriel du Nord*, *Compagnie générale électrique*, 33, rue Oberlin, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Vaquer** (Paul-Léon), Ingénieur divisionnaire à la *Société Sud électrique*, Usine Saint-Victor, à Arles (Bouches-du-Rhône).
- Varlanesco** (Justin), rue Vovidenia, à Jassy (Roumanie).
- Varney** (Edouard-Marie-Eugène), 110, rue Denfert-Rochereau, à Paris, 14^e.
- Varret** (René), Constructeur d'appareils électriques pour les Sciences et pour l'Industrie automobile, 39, rue Rivay, à Levallois-Perret (Seine).
- Vasilescu-Karpen** (Nicolas), Docteur ès Sciences, Professeur à l'*École des Ponts et Chaussées de Bucarest*, 40, rue Occident, à Bucarest (Roumanie).
- Vassillière** (Joseph-Louis-Frédéric), 139, rue de Longchamp, à Paris, 16^e.

- Vaublanc** (Ch. de), Ingénieur à la *Compagnie générale d'accumulateurs et de traction*, 42, rue d'Artois, à Paris, 8^e.
- Vaudrey** (Paul-Virgile), Ingénieur-Constructeur électricien, 79 bis, boulevard Magenta et 1, passage de la Ferme-Saint-Lazare, à Paris, 10^e.
- Vautier** (Léon-Alexandre-Nicolas), Ingénieur aux *Mines de Flaviac*, à Flaviac (Ardèche).
- Vautier** (Théodore), Professeur à la *Faculté des Sciences de Lyon*, 3, montée de Balmont, à Lyon (Rhône).
- Véchembre** (Maurice), Ingénieur E. C. P. et E. S. E., Ingénieur à l'*Énergie électrique du Sud-Ouest*, rue Antoine-Gadaud, à Périgueux (Dordogne).
- Vedovelli** (Edouard), Ingénieur-Constructeur, 160 et 162, rue Saint-Charles, à Paris, 15^e.
- Vérany** (Victor-J.-Ferd.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Licencié en Droit, ancien Élève de l'*École supérieure d'Électricité*, 34, rue de la Paix, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Verdoux** (J.), Négociant, 482, grande rue de Péra, à Constantinople (Turquie).
- Vermain** (Antoine-Louis-Alfred), 7, rue Georges-Saché, à Paris, 14^e.
- Vernes** (Amédée-Louis-Charles-Arthur), Associé de la *Maison Vernes, Guinet, Sigros et C^{te}*, Administrateur de la *Société industrielle des Téléphones*, 69, boulevard Malesherbes, à Paris, 8^e.
- Vernet** (François), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur en chef de la *Compagnie générale des Travaux d'éclairage et de force*, 26, rue de Navarin, à Paris, 9^e.
- Véry** (Hector), Ingénieur, 103, avenue de la République, à Paris, 11^e.
- Vettiner** (Antoine), Ingénieur électricien, 10, rue Céard, à Genève (Suisse).
- Vial** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur des *Mines de Mercadal*, par Torrelavega, province de Santander (Espagne). M. F. M. P.
- Vial** (Jules), Ingénieur des Arts et Manufactures, Constructeur d'instruments d'Optique, 59, rue Caulaincourt, à Paris, 18^e. M. F.
- Vicarino** (Charles-Auguste), Administrateur délégué de la *Compagnie générale électrique*, 33, rue Oberlin, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Victor** (Emmanuel), Ingénieur électricien, Chef du service électrique à l'*Usine à gaz de Reims* (Marne). M. F.
- Vidal** (Adolphe), Professeur de Physique à l'*École nationale professionnelle de Vierzon*, à Vierzon (Cher).
- Viégas** (Dr Antonio dos Santos), à Coïmbra (Portugal). M. F.
- Viel** (Georges), Directeur de l'*Énergie électrique du Centre*, 35, rue Balaÿ, à Saint-Étienne (Loire).
- Viénot** (G.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de l'*Usine à gaz*, à Pau (Basses-Pyrénées).
- Vigier** (Raoul), Sous-Inspecteur au *Chemin de fer du Nord*, 120, rue Lafontaine, à Paris, 16^e.
- Viguerie** (Charles), Ingénieur électricien, Conseil en matières d'Installations minières et industrielles, 25, rue Raffet, à Paris, 16^e.
- Villard** (Paul), Membre de l'Institut, 47, boulevard Saint-Germain, à Paris 5^e. M. P.
- Ville le Roulx** (Pierre de la), Directeur de la *Société pour le travail électrique des métaux*, 90, boulevard Flandrin, à Paris, 16^e.
- Villeneuve** (Marie-Joseph-Émile-Baptiste), Attaché au *Service de la Traction des chemins de fer du Midi*, 10, rue Buffon, à Bordeaux (Gironde).

- Vincens** (Ernest), Ingénieur civil des Mines, 27, avenue de l'Alma, à Paris, 8^e.
- Vincent** (Gabriel), A. M., Ingénieur, Directeur de l'*Étincelle du Gard*, à Remoulins (Gard).
- Vincent** (Paul), Ingénieur électricien, Chef du Service électrique de la *Compagnie du Gaz de Besançon*, rue Bersot, à Besançon (Doubs).
- Vinson** (Jules), attaché à l'Inspection du service des installations électromécaniques de la *Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest*, 25 bis, rue du Château, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Violet** (Léon), Ingénieur, Trésorier de la *Société internationale des Électriciens*, 6, rue de l'Abbaye, à Paris, 6^e. M. F. M. P.
- Violle** (J.), Membre de l'Institut, Maître de Conférences à l'*École Normale*, Professeur au *Conservatoire national des Arts et Métiers*, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris, 5^e. M. F.
- Viry** (Pierre), Capitaine d'Artillerie, Chef du service des bâtiments et machines à l'*Atelier de Constructions de Puteaux*, 24, rue de la Liberté, à Suresnes (Seine).
- Vivarez** (Henry), Ingénieur civil des Mines, 12, rue de Berne, à Paris, 8^e. M. F.
- Vivès** (Dr Guillermo), Médecin-Oculiste, à Ponce (île de Porto-Rico). M. F. M. P.
- Vivès y Navaro** (Dr Carlos), Atocha, 19, à Ponce (île de Porto-Rico). M. P.
- Vivien** (Alfred-Marie-Henri), Ingénieur, 13, rue Calmels, à Paris, 18^e.
- Vloten** (Frank van), Ingénieur, Heerestraat, à Wageningen (Pays-Bas). M. P.
- Voisenat** (Jules), Ingénieur en chef des Télégraphes, 20, rue de Metz, à Dijon (Côte-d'Or).
- Vourloud** (Pierre), Ingénieur de la *Maison Rousselle et Tournaire*, 74, rue de Dunkerque, à Paris, 10^e.
- Vuigner** (Émile), Ingénieur-Conseil pour les Mines, la Métallurgie et l'Industrie chimique, 46, rue de Lille, à Paris, 7^e.
- Vuilleumier** (C.), Ingénieur électricien, 3, chemin Puthon Grange Canal, à Genève (Suisse).
- Vulcanesco** (G.-M.), Ingénieur des constructions civiles, Ingénieur électricien, villa Bijou, 12, rue Laval, à Saint-Cloud (Seine-et-Oise).
-
- Wait** (Henry-H.), Président, *Rateau Turbine Co*, 226, Wabash Avenue, à Chicago (États-Unis).
- Walckenaer** (Charles), Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'*École des Ponts et Chaussées*, 218, boulevard Saint-Germain, à Paris, 7^e.
- Wall** (Charles), Ingénieur de 1^{re} classe de la Marine, 4, avenue Daubigny, à Paris, 17^e.
- Wallut** (Raymond), 32, boulevard de Courcelles, à Paris, 17^e.
- Walter** (André-Maurice-Frédéric), Ingénieur électricien, *Société alsacienne de Constructions mécaniques*, 26, avenue des Fosses, à Montbéliard (Doubs).
- Warnerie** (Frédéric), Ingénieur à la *Maison Harlé et Cie*, 9, avenue Duquesne, à Paris, 7^e.
- Waterhouse** (Laurence-Maxwell), A. M. Inst. E. E., Managing Director and Engineer, *The Simplex Steel, Conduit Co*, Bindown, Lower Teddington Road, à Hampton Wick (Angleterre).
- Wattelet** (Jules-Édouard), Ingénieur électricien (E. S. E.), Licencié ès sciences, Attaché à la *Compagnie française Thomson-Houston*, 10, rue de Londres, à Paris, 9^e.

- Weaver** (W.-D.), Ingénieur électricien, à Englewood (N. J., U. S. A.).
- Weber** (D^r H.-F.), Professeur, à Zurich (Suisse). M. F.
- Weiersmuller** (Guillaume), Fabricant de moules pour plaques d'accumulateurs, 8, rue de Tourtille, à Paris, 20^e.
- Weill** (Horace), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 66, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris, 9^e.
- Weiller** (Lazaro), Ingénieur-Manufacturier, 27, rue de Londres, à Paris, 9^e. M. F.
- Weiss** (Georges), Professeur agrégé à la *Faculté de Médecine*, 20, avenue Jules-Janin, à Paris, 16^e.
- Weiss** (Pierre), Professeur à l'*École Polytechnique de Zurich*, 86, Universitäts-strasse, à Zurich (Suisse).
- Weissmann** (Gustavo), Ingénieur électricien, 7, rue Pierre-le-Grand, à Paris, 8^e.
- Wetzel** (Pierre-Charles-Frédéric), Ingénieur de la Marine, 46, boulevard Émile-Augier, à Paris, 16^e.
- Weyer** (Victor-Jacques), Sous-Directeur de la *Compagnie électrique du Secteur de la Rive gauche*, 3, rue Le Goff, à Paris, 5^e.
- Widmer** (Jules-Henri), Directeur au *Secteur électrique de la Place Clichy*, 53, rue des Dames, et 8, rue Brémontier, à Paris, 17^e.
- Winch** (Jean-Jules), Ingénieur électricien à la *Maison Harlé et Cie*, 6, rue Nouvelle du Théâtre, à Paris, 15^e.
- Winter** (G.-K.), F. R. A. S., M. Inst. C. E., M. I. E. E., Telegraph Engineer and Electrician Madras Railway, à Arkonum, près Madras (Indes orientales). M. F. M. P.
- Witzig** (Augustin), ancien Élève de l'*École Polytechnique*, Directeur commercial de la Société *L'Éclairage électrique*, 90, avenue d'Iéna, à Paris, 16^e.
- Worms** (Henri-Jean-Jacques), Ingénieur des Arts et Manufactures, à la Société *Le Carbone*, 12, rue de Lorraine, à Levallois-Perret (Seine).
- Wuilleumier** (Henri), Ingénieur, 46, rue Lepic, à Paris, 18^e.
- Xifra** (Narciso), Ingénieur électricien, à Gérone (Espagne). M. P.
- Zammit** (William), Ingénieur à l'*Énergie électrique du Sud-Ouzst*, 116, cours d'Aquitaine, à Bordeaux (Gironde).
- Zetter** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur de l'*Appareillage électrique Givolas*, Président du *Syndicat professionnel des Industries électriques*, Vice-président de l'*Union des Syndicats de l'Électricité*, 49, rue de Maubeuge, à Paris, 9^e.
- Ziffer** (Emanuel-A.), Ingénieur civil, Président des *Chemins de fer Lemberg-Czernewitz-Jassy* et des *Chemins de fer Lemberg-Betzée* (Tomaszów), 1, Opernring, 5, à Wien (Autriche).
- Zweifel** (Gaspard), Directeur au *Service électrique* à la *Société alsacienne de Constructions mécaniques*, à Belfort (territoire de Belfort).
-

LISTE PAR LOCALITÉS

FRANCE.

AISNE

OSTRES

Deverly (J.).

SAINT-QUENTIN

Béranger (A.-F.).

Gibert (A.).

Léo (F.).

VAUXBUIN

Sabatié-Garat (P.).

ALLIER

MONTLUÇON

Jéramec (H.).

Meunier (G.-A.).

ALPES (BASSES-)

MANOSQUE

Mandin (A.).

ALPES (HAUTES-)

VENTAVON

Bourrellis.

ALPES-MARITIMES

CANNES

Bellon (J.).

GRASSE

Rouquier (E.).

MENTON

Guyau (A.).

NICE

Brès (H.).

Caire (A.).

Chrétien (H.).

Darbois (J.).

Dehoit (A.).

Fahie (J.-J.).

Humbloit (G.).

Prève (L.).

Scheffler (A.).

Souchier (F.).

Vérany (V.).

SAINT-MARTIN-VÉSUBIE

Mottet (J.).

ARDÈCHE

FLAVIAC

Vautier (L.).

ARDENNES

CHARLEVILLE

Bourgeois (R.).

Forstall (M.).

FUMAY

Clin (E.).

ARIÈGE

FOIX

Bouchède (J.).

AUDE

CARCASSONNE

Estrade (J.).

NARBONNE

Paszkowski (H.).

AVEYRON

DECAZEVILLE

Aubert (P.).

Baudis (A.).

VIVIEZ

Dive (P.).

BOUCHES-DU-RHONE

ARLES

Poggi (A.).

Vaquer (P.).

MARSEILLE

Albrand (E.).

Bargeton (P.).

Barraud (E.).

Barthélemy (H.).

Bidot (R.).

Bordier (G.).

Buisson (H.).

Costa (J.).

Detraux (L.).

Dubs (H.).

Fabre (H.).

Fabry (C.).

Grandjean (J.).

Laporte (G.).

Manescau (L.).

Niéloud (C.-M.).

Ollivier (E.).

Poujol (L.).

Roger (C.).

Schillès (A.).

Stapfer (D.).

CALVADOS

TROUVILLE

Néel (A.).

CANTAL

MAURS.

Gratacap (A.).

CHARENTE

BONNES

Ferrère (E.).

RUELLE

Cannic (A.).

CHARENTE-INFÉRIEURE

LA PALlice

Picard (J.).

ROCHEFORT

Guelpa (G.).

LA ROCHELLE

Rodier (P.).

CHER

BOURGES

Arnould (C.).

Lesueur (A.).

Robin (M.).

Rouyer (C.).

VIERZON

Lesouhaitier (V.).

Vidal (A.).

CORRÈZE

BRIVE

Marsalès (P.).

CÔTE-D'OR

AUXONNE

Mangue (P.).

DJON

Boulanger (J.).

Charlot (E.).

Coutelier (L.).

Galliot (F.).

Mortureux (L.).

Pionchon (J.).

Roy (G.).

Voisenat (J.).

CÔTES DU-NORD

SAINT-BRIEUC

Bullier (G.).

DORDOGNE

MONT-PONT-SUR-L'ISLE

Gendre (S.).

PÉRIGUEUX

Véchembre (M.).

TERRASSON

Dubournay (J.).

LES TUILIÈRES

Girardin (M.).

Kupper (A.).

DOUBS

BESANÇON

Midoz (Ch.).

Perreau (F.).

Vincent (P.).

FRASNE

Coqblin (H.).

MONTBÉLIARD

Walter (A.).

DROME

ROMANS

Riollé (M.).

EURE

VERNON

Aumont (L.).

FINISTÈRE

BREST

Blot (P.).

Charpentier (H.).

Gajan (E.).

Godfroy (F.).

Lacoste (H.).

Marget (E.).

Néré (G.).

Tissot (C.).

GARD

BESSEGES

Compagnie bouillère (Le
Directeur de la).

NIMES

Mainguenaud.

REMOULINS

Vincent (G.).

TAMARIS

Deleuze (A.).

GARONNE (HAUTE-)

POINTIS-ISNARD

Caplong (E.).

TOULOUSE

Choulet (L.).

Eclancher (V.).

Ferrier (P.).

Juppont (P.).

Leduc (G.).

Teissier du Cros.

GIRONDE

BORDEAUX

Baudry.

Bergonié (J.).

Bumsel (H.).

Cailhava (E.).

Chevallier (H.).

Delasalle (A.).

Desforges (E.).

Fétaz (J.).

Labroue (E.).

Lautré (J.).

Meunier (P.-M.).

Renous (J.).

Rousseau (B.).

Turbiaux (P.).

Vallance (T.).

Villeneuve (M.-J.).

Zammit (W.).

CAUDÉRAN

Douilhet (A.).

Labrouste (P.).

MÉRIGNAC

Fave (A.).

SAINTE-FOY-LA-GRANDE

Lourme.

SAINT-MÉDARD-EN-JALLE

Amiaud (P.).

HÉRAULT

BÉDARIEUX

Blanc (E.).

MONTPELLIER

Armet (H.).

Tardy de Montravel (F.).

ILLE-ET-VILAINE

CHAUDÉBOEUF

Courtet (Abbé).

RENNES

Roche (C.).

SAINT-SERVAN

Le Maréchal (E.).

INDRE

ARGENTON

Guillaume (P.).

CHATEAUCROUX

Stichter (G.).

VILLADON

Bérard.

INDRE-ET-LOIRE

TOURS

Limousin (C.).

ISÈRE

ALLEVARD

Giraud (M.).

CRÉMIEU

Sandström (R.).

GRENOBLE

Association des Anciens
Élèves de l'Institut élec-
trotechnique.

Barbillon (L.).

Bergeon (P.).

Bertoye (L.).

Gariel (M.).

Hulin (L.).

Institut électrotechnique de
l'Université.

Jenny (F.).

Maréchal (C.).

Mertz (F.).

MEYZIEU

Courjon (A.).

PONT-DE-BEAUVOISIN

Baillat (E.).

PONT-DE-CHÉRU

Lefèvre (G.).

RIVES

Blanchet (H.).

Langlois (J.).

RIOUPÉROUX

Marcandier (M.).

VIZILLE

Bankir (J.).

JURA

DÔLE

Brugnaud.

THÉRVAY

Guillon (C.).

LANDES

MONT-DE-MARSAN

Dachary (C.).

LOIRE

LE CHAMBON-FEUGEROLLES

Toucharde (R.).

LE COTEAU

Lebon (R.).

SAINT-ÉTIENNE

Desvignes (J.).

Fayard (P.).

Guillon (A.).

Perrin (M.).

Viel (G.).

LOIRE-INFÉRIEURE

NANTES

Bertreux (H.).

Bouget (R.).

Bruneteau (M.).

Fievé (G.).

Grosrenaud (R.).

Maisonneuve (S.).

Motin (E.).

LOIRET

LES ROCHES

Loreau (A.).

ORLÉANS

Fauconnier.

LOT

FIGEAC

Négrié (J.).

LOT-ET-GARONNE

AGEN

Fleury (P.).

LOUBATÉRY

Ducouso (Th.).

MARMANDE

Chapat (Ch.).

MAINE-ET-LOIRE

ANGERS

Dumon (J.).

Orain (A.).

Pichery (L.).

MANCHE

CHERBOURG

Bion (E.).

Paty de Clam (Du).

GRANVILLE

Gallini (A.).

REVILLE

Ligneau (H.).

MARNE

REIMS

Coze.

Victor (E.).

SERMAIZE

Félix (G.).

MARNE (HAUTE-)

JONCHERY

Frison (E.).

MAYENNE

LA GRANGE

Le Clere (G.).

LAVAL

Bouvier (A.).

Ployart (L.).

MEURTHE-ET-MOSELLE

DOMBASLE-SUR-MEURTHE
Solvay et C^{ie}.

HOMÉCOURT

Bassot (R.).

MONT-SAINT-MARTIN

Dreux (A.).

NANCY

Association amicale des Ingénieurs anciens Élèves de l'Institut électrotechnique et de Mécanique appliquée.

Boreau (G.).

Courtot (A.).

Fleury (C.).

Gazanion (P.).

Hammer (J.).

Huard (M.).

Institut d'Électrotechnique et de Mécanique appliquée de la Faculté des Sciences.

Joubert (A.).

Mauduit (A.).

Moreau de la Meuse (J.).

Nuchèze (H. de)

Vandeveld (H.).

Vicarino (C.).

NEUVES-MAISONS

Jénot (C.).

PONT-A-MOUSSON

Société anonyme des Établissements Adt.

MORBIHAN

HENNEDONT

Lardy (A.).

LORIENT

Doat (F.).

Thuloup (E.).

PONTIVY

Leson (A.).

PORT-LOUIS

Briaudet (A.).

NIÈVRE

GRANDS-CHENEVIÈRES

Millien (E.).

NORD

ANICHE

Paumier (G.).

ANZIN

Dumoulin (G.).

Leprince (G.).

DENAIN

Grivet (R.).

Stévenin (R.).

DOUAI

Bréguet (J.).

Bréguet (L.).

David (R.).

Fayot (L.).

Micaud (G.).

JEUMONT

Lagarde (C.).

Ledeuil (L.).

Perret (J.).

LILLE

Arquembourg (C.).

Blanc (J.).

Brune (P.).

Damien (B.).

Dreyfus (G.).

Ducastel (G.).

Faure (J.).

Galliet (O.).

Leblond (R.).

Meynier (A.).

Mossé (E.).

Nègre (F.).

Raynal (L.).

Swyngedauw (R.).

MADELEINE-LEZ-LILLE

Stugocki (A.).

MONCHECOURT

Nébinger (J.-B.).

ONNAING

Masson (G.).

ROUBAIX

Beghin (A.).

Cornier (E.).

TOURCOING

Courquin (Abbé.).

VALENCIENNES

Flayelle (G.).

Thiéry (P.).

OISE

CRAMOISY

Labèque (E.).

ORNE

CUISSAI

Malassis de la Cussonnière.

PAS-DE-CALAIS

ARRAS

Barré (G.).

Girard de Vasson (J.).

Le Gentil-Parent (A.).

AUCHEL

Herzen (H.).

BILLY-MONTIGNY

Houzé (H.).

BOULOGNE-SUR-MER

Deplanque (A.).

Paulmier (A.).

Sanarens (J.).

BULLY-LES-MINES

Franck (C.).

CALAIS

Bainville (P.).

Roussel (A.).

HÉNIN-LIÉTARD

Dominé (A.).

ISBERGUES

Lebovici (J.).

LENS

Reumaux (E.).

LIÉVIN

Everlin (M.).

Féder (E.).

Le Goff (C.).

VENDIN-LE-VIRTL

Dinoire (E.).

PUY-DE-DOMÉ

CLERMONT-FERRAND

Binet.

Démarchez (G.).

Fric (R.).

Marie de Chastenay (P.).

LES MARTRES-DE-VEYRE

Chauvassaignes.

PYRÉNÉES (BASSES-)

BIARRITZ

Crouzat (P.).

Roche (A.).

PAU

Daries (A.).

Delgay (L.).

Viénot (G.).

PYRÉNÉES (HAUTES-)

BAGNÈRES-DE-BIGORRE

Saumon (G.).

Soulé (D.).

PIERREFITTE-NESTALAS

Gély (E.).

TARBES

Chillaz (De).

Louis (C.).

Thélin (De).

VILLELONGUE

Belleville (J.).

Ferron (L.).

PYRÉNÉES-ORIENTALES

MONT-LOUIS

Pailleret (J.).

PERPIGNAN

Snyas (L.).

RHÔNE

GIVORS

Thomé de Charaix (G.).

LA MULATIERE

Giraud-Teulon (M.).

LYON

Beaujard (L.).

Boutan (A.).

Bouvier (Ad.).

Compagnie du Gaz de Lyon.

Côte (E.).

Courbier (J.).

Delon (J.).

Dumont (E.).

Du Mont (A.).

Fasse (J.-E.).

Garry (E.).

Godinet (A.).

Graff (J.).

Henrard (G.).

Lalande (H.).

Limb (C.).

Maréchal

Nissou (A.).

Pallièrre (A.).

Pinet (E.).

Poirson (J.).

Pravaz (H.).

Richard (A.).

Rigollot (P.).

Rochas (J.).

Rodet.

Routin (J.).

Schœn et Charlet.

Simon (P.).

Société anonyme des Éta-
blissements Maljournal et
Bourron.

Société française des Câbles
électriques.

Société lyonnaise des Forces
motrices du Rhône.

Sorlin (F.).

Stahl (P.).

Trouillet (F.).

Vautier (T.).

SAINT-GENIS-LAVAL

Gaillard (J.).

TARARE

Mondange (A.).

TASSIN

Bouchard (P.).

SAONE (HAUTE-)

RONCHAMP

Steinmann (H.).

SAONE-ET-LOIRE

CHAMIREY-BOURGNEUF-

VALDOR

Jordery (C.).

LA CLAYETTE-BAUDEMONT

Meunier (P.).

LE CREUSOT

Saucède (H.).

SARTHE

LE MANS

Bertrand de Broussillon.

Cabaret.

Séguin (L.).

SABLÉ-SUR-SARTHE

Jégou (P.).

SAVOIE

MOUTIERS

Guillemin (P.).

NOTRE-DAME-DE-BRIANÇON

Sarda-Garriga.

SAVOIE (HAUTE-)

ANNECY

Aussédât (L.).

Dusaugéy (E.).

CHEDDE

Société des Forces motrices
et Usines de l'Arve.

SEINE

ALFORTVILLE

Cottavoz (J.).

Renou (R.).

ARCUEIL

Soulier (A.).

ASNIÈRES

Aliamet (M.).

Barré (P.).

Brylinski (E.).

Damoiseau (J.-B.).
 Duperron (G.).
 Fay (P.).
 Gomonet (E.).
 Janvier (G.).
 Ledieu (C.).
 Liagre (C.).
 Mazen (A.).
 Nansouty (M. de).
 Reuss (G.).
 Roche (P.).

BILLANCOURT

Debray (A.).
 Drin (L.).

BOULOGNE-SUR-SEINE

Bapst (H.).
 Drouin (F.).
 Labour (E.).

BOURG-LA-REINE

Farlet (P.).
 Dongier (R.).
 Joly (M.).

CHARENTON

Gaillard (H.).

CLICHY

Bardon (L.).
 Daguerre (H.).
 Paulin (C.).

COURBEVOIE

Cosson (G.).
 Trautner (M.).

FONTENAY-SOUS-BOIS

Bassée (Ch.).
 Gaumy (R.).

FONTENAY-AUX-ROSES

Langevin (P.).

GENNEVILLIERS

Cany (G.).

GENTILLY

Foy (F.).

ISSY-LE-MOULINEAUX

Brenot (M.).
 Chevrier (L.).
 Lebaupin (G.).
 Ricunier (P.).

IVRY-PORT

Urbain (G.).

JOINVILLE-LE-PONT

Guénée (A.).

LA GARENNE-COLOMBES

Lompajeu (V.).

LE BOURGET

Schwarberg (E.).

LEVALLOIS-PERRET

Duchez (F.).
 Gindre (E.).
 Heinz (A.).
 Lestienne (W.).
 Nikolsky (A. de).
 Renard (C.).
 Varret (R.).
 Worms (H.).

LE PERREUX

Decaux (L.).
 Pinson (A.).

MALAKOFF

Davesne (G.).
 Doignon (L.).

MONTREUIL-SOUS-BOIS

Berne (J.).
 Gros (A.).

NANTERRE

Bainville (A.).
 Getting (E.).
 Gutperle (A.).

NEUILLY-SUR-SEINE

Barthélemy (E.).
 Bourdel (J.).
 Brillié (L.).
 Delaunay-Belleville.
 Fourrié (F.).
 Guéry (F.).
 Kergorlay (A. de).
 Lestrade (G.).
 Pichon (G.).
 Porte (L.).
 Roche (L.).
 Rutz de Lavison (De).
 Saget (J.).
 Schuler (P.).
 Vinson (J.).

NOGENT-SUR-MARNE

Bochet (L.).
 Razet (J.).

PANTIN

Poncet (R.).

PARC SAINT-MAUR

Kissel (Ed.).

PARIS

Abraham (H.).
 Alause (L.).
 Alby (A.).
 Alizan (M.).
 Allain-Launay (J.).
 Allaire (E.).
 Alliot (R.).
 Amiot (J.).
 Amoudruz (A.).
 Ancel (L.).
 André (H.).
 Archat (P.).
 Argyropoulos (C.).
 Armagnat.
 Armengaud jeune.
 Armengaud aîné.
 Arnoux (H.).
 Arnoux (R.).
 Aubry (E.).
 Audoux (G.).
 Avril (C.).
 Azambre (P.).
 Azaria.
 Bachon (L.).
 Badon-Pascal (J.).
 Baillaud (E.).
 Baille (J.).
 Baillehache (R. de).
 Bailly (E.).
 Balme (E.).
 Bancelin (E.).
 Banti (E.).
 Barbier (F.).
 Barbier (R.).
 Barbou (A.).
 Bardot (C.).
 Bardy (Ch.).
 Barillot (A.).
 Barris (P.).

- Barthel (R.).
 Bary (P.).
 Basch (E.).
 Baudot (V.).
 Baudouin (E.).
 Baume-Pluvinel.
 Baux.
 Beau (H.).
 Beaudier (A.).
 Beaufond (J.).
 Beausobre (E. de).
 Beauvois-Devaux (A.).
 Becker (B.).
 Becq (L.).
 Bellini (H.).
 Belliol (E.).
 Bellot (L.).
 Bêlugou (V.).
 Benoist (G.).
 Berger (G.).
 Berger (M.).
 Bergès (G.).
 Bergon (L.).
 Berrier (M.).
 Berthelot (D.).
 Berthet (M.).
 Berthon (J.).
 Berthon (L.).
 Bertin (H.).
 Bertrand (E.).
 Besombes (C.).
 Besson (P.).
 Béthenod (J.).
 Bickart (L.).
 Bidet (L.).
 Bienvenu (R.).
 Biver (L.).
 Bizet (S.).
 Blaché (P.).
 Blain (P.-A.).
 Blaisse (L.).
 Blanchet (A.).
 Blanchon.
 Blazy (A.).
 Blesson (J. de).
 Bligny (J.).
 Bloch (A.).
 Bloch (E.).
 Bloch (M.).
 Bloch-Sée (A.).
 Blondeau (J.).
 Blondel (A.).
 Blondin (J.).
 Bochet (A.).
 Boisserand (P.).
 Boistel (E.).
 Bonaparte (Prince R.).
 Bonfante (F.).
 Bonneau (H.).
 Bonnet (J.).
 Borderl (J.).
 Bordé (P.).
 Bordet (L.).
 Borel (H.).
 Boris (R.).
 Bornand (E.).
 Borrel (G.).
 Boucherot (P.).
 Bouchet (M.).
 Bouchon.
 Boudineau (A.).
 Boudreaux (L.).
 Bouju (G.).
 Boulardet (E.).
 Boulitte (G.).
 Bour (P.).
 Bourgue (A.).
 Bourguignon (P.).
 Boursault (H.).
 Boursy (M.).
 Boury (A.).
 Boussion (R.).
 Bouthillon (L.).
 Boutin (M.).
 Boutrais (L.).
 Bouty (E.).
 Bouvier (C.).
 Boy de la Tour (H.).
 Brachet (H.).
 Brachotte (A.).
 Brancion (L.).
 Branly (E.).
 Brault (C.).
 Brémond (G.).
 Brillouin (A.).
 Brillouin (M.).
 Brison (H.).
 Broca (A.).
 Brocq.
 Brouard (J.).
 Bruhl (P.).
 Brulé (H.).
 Brüll (A.).
 Brun (D.).
 Brunel (H.).
 Brunet (A.).
 Brunswick (E.).
 Buequet (H.).
 Buffet (E.).
 Bunet (P.).
 Bureau (H.).
 Busson (V.).
 Butaud (J.).
 Cadiot (E.).
 Cahen (A.).
 Cahen (L.).
 Cahen (M.).
 Cailho.
 Cailletet.
 Calmaud (J.).
 Calmettes (G.).
 Calvé (F.).
 Campanakis (A.).
 Cance (A.).
 Cance (A.).
 Canet (P.).
 Caraman (E. de).
 Carnot (J.).
 Carpentier (J.).
 Carpentier (J.).
 Carré (C.).
 Casas (L.).
 Cassegrain (F.).
 Cathiard (G.).
 Caudrelier (E.).
 Cellerier (J.).
 Chabert (F.).
 Chabert (L.).
 Chaboche (E.).
 Chabrié.
 Chalon (M.).
 Chamon (G.).
 Chapelle (P.).
 Chardin (A.).
 Chardin (C.).
 Chassériaud.
 Chaufour (E.).
 Chaumat (H.).
 Chaussonot (H.).
 Chauvin (R.).
 Chêdeville (E.).
 Cheilletz (G.).
 Chemin (E.).
 Chêneveau (C.).
 Chéron (T.).

Chéronnet (M.).

Cheurlot (P.).

Chireix (H.).

Chotard (E.).

Chrétien (P.).

Clamond (C.).

Claude (G.).

Clerc (F.).

Clerc (L.).

Codry (P.).

Cohen (E.).

Combemale (H.).

Compagnie centrale d'Éclairage par le Gaz.

Compagnie électrique de la Loire.

Compagnie parisienne de l'Air comprimé.

Comte (P.).

Coninck (De).

Constans (A.).

Coquelet (E.).

Cordier (F.).

Cordier (G.).

Cordin (G.).

Cornabat (R.).

Cornet (J.).

Cornuault (A.).

Cornuault (E.).

Cosserat (F.).

Courtois (G.).

Cousin (E.).

Couteux (L.).

Couvreux (A.).

Croiset (A.).

Cruchon (L.).

Cuau (C.).

Cunéo d'Ornano (N.).

Curchod (A.).

Da (J.).

Dain (H.).

Danis (J.).

Danne (J.).

Darcq (E.).

Darestie de la Chavanne.

Darlu de Roissy.

Darnal (F.).

Darras (A.).

Darrieus (G.).

David (C.).

David (L.).

David (P.).

Dawant (H.).

Dazelle (G.).

Debeauve (P.).

Debionne (E.).

Debray (P.).

Dechandol (P.).

Décombe.

Décorat (A.).

Dehenne (G.).

Dejust (J.).

Delafon (P.).

Delaporte (P.).

Delas (F.).

Delaunay (E.).

Delhumeau.

Deligny (J.).

Delorme (P.).

Delpeuch (G.).

Demarquay (J.).

Démichel (E.).

Déramat (J.).

Descamp (G.).

Deslandres (H.).

Desmaretz (J.).

Desombre (P.).

Desrozières (E.).

Détroyat (J.).

Deutsch (E.).

Devaux (E.).

Devaux-Charbonnel.

Digeon (C.).

Dobkevitch (G.).

Domange (A.).

Dosme (F. de).

Doussot (A.).

Drake del Castillo.

Drin (L.).

Drouët (L.).

Dreyfus (J.).

Dubois (E.).

Dubois (R.).

Ducellier (L.).

Duchesne (E.).

Ducrotet (F.).

Duez (G.).

Dujardin (A.).

Dujardin (P.).

Dulieux (F.).

Dumartin (L.).

Dumont (G.).

Dupont (G.).

Dupuy (J.).

Dupuy (P.).

Durand (A.).

Durangel (G.).

Durnerin (H.).

Duval (C.).

Eiffel (A.).

Elluin (H.).

Emery (L.).

Escarras (G.).

Eschwège.

Établissement central de la Télégraphie militaire.

Falguière (E.).

Faramond de Lafajole (de

Faria (O. de).

Farman (D.).

Fauchon-Villeplée (A.).

Faure-Beaulieu (J.).

Faure-Miller (R.).

Ferrié (G.).

Fieschi (E.).

Filleul-Brohy (G.).

Fischmann (J.).

Foiret (A.).

Fontaine (E.).

Fontaine (G.).

Foucher (G.).

Foureault (A.).

Fournier (G.).

Foveau de Courmelles.

Frager (A.).

France (E. de).

Franchimont (H.).

Freundler.

Fröhlich (R.).

Frouin (A.).

Gaiffe (G.).

Galibert (E.).

Gallay (E.).

Gamard (G.).

Garcin (J.).

Garfield (A.).

Gariel (C.).

Garnier (P.).

Gasnier (P.).

Gasquet (R.).

Gaston-Dreyfus (R.).

Gaucharaud (A.).

- Gaudet (C.).
 Gaultier (G.).
 Gaumont (L.).
 Gaupillat (M.).
 Gauthier-Villars (A.).
 Gay (A.).
 Génon (H.).
 Gentet (L.).
 Genteur (J.).
 Genty (E.).
 Geoffroy (E.).
 Gilles-Saint-Germain.
 Gin (G.).
 Girard (C.).
 Girard (L.).
 Girault (P.).
 Girousse (G.).
 Gleyre (C.).
 Goisot (G.).
 Goldschmidt (C.).
 Goldsmidt (F.).
 Gondard (G.).
 Gorce (P. de la).
 Gosselin (X.).
 Gourdeau (G.).
 Gourguechon (G.).
 Gramont (A. de).
 Granger (P.).
 Grassot (E.).
 Griffisch (G.).
 Grosdidier (H.).
 Groslier (L.).
 Grosselin (J.).
 Guénet (J.).
 Guérin (P.).
 Guichard (M.).
 Guillet (L.).
 Guillez (L.).
 Guillon (E.).
 Guinant (E.).
 Gutbier (P.).
 Guy (G.).
 Guyot (J.).
 Hainglaise (P.).
 Halphen (A.).
 Hamin (L.).
 Hanning (W.).
 Hardelay (J.).
 Hardy (A.).
 Harlé (E.).
 Hayet (A.).
 Hébert (P.).
 Hedde (A.).
 Héltas (G.).
 Heller (R.).
 Hennegrave (G.).
 Henry (A.).
 Henry (R.).
 Hérard (F.).
 Herrenschmidt (H.).
 Herrero (W.).
 Hibeity (A.).
 Hillairet (A.).
 Holzschuch (J.).
 Horn (E.).
 Huber (M.).
 Huguet (A.).
 Iglésis (S.).
 Illovici (A.).
 Isambert (A.).
 Istel (A.).
 Jacobsen (J.).
 Jacquin (C.).
 Jacquin (L.).
 Jamin (J.).
 Janet (P.).
 Janin (E.).
 Jannettaz (P.).
 Japy de Beaucourt (H.).
 Jarre (L.).
 Jarriant (J.).
 Jaubert (J.).
 Jaulin (J.).
 Javal (J.).
 Javaux (E.).
 Jeanco (M.).
 Jean-Joseph (A.).
 Jeanson (J.).
 Jénot (L.).
 Johann (C.).
 Joly (L.).
 Joly (M.).
 Josse (H.).
 Jouaust (R.).
 Jouët (G.).
 Jouffret (H.).
 Jourdan (C.).
 Jouvenel (A.).
 Jouvion (M.).
 Jovignot (C.).
 Joyer (G.).
 Jumau (L.).
 Keller (A.).
 Kienast (H.).
 Klein (E.).
 Kleist (F. de).
 Koch (C.).
 Korda (D.).
 Krafft (V.).
 Krebs.
 Krieger (L.).
 Küntziger (J.).
 Kupper (A.).
 Laboulaye (de).
 Labour (H.).
 Laboureur (M.).
 Lacauchie (L.).
 Lacaze (H.).
 La Chapelle (G. de).
 Lachave (A.).
 Lacreteille (G.).
 Lafargue (P.).
 Lainé (M.).
 Lalance (A.).
 Lalande (F. de).
 Laloy (J.).
 Lancelot (F.).
 Landrin (P.).
 Landry (J.).
 Langot (W.).
 Laporte (F.).
 Lapresle (A.).
 Larbitray (L.).
 Larnaude (A.).
 Lasserre (P.).
 Latour (M.).
 Laudet (G.).
 Laurain.
 Lauriol (P.).
 Lauzon (E. de).
 Léauté (A.).
 Léauté (H.).
 Le Bruf (P.).
 Lebrun (M.).
 Lebrun (P.).
 Lecerf (F.).
 Le Chatelier.
 Leclanché (M.).
 Lecocq (G.).
 Lecomte (A.).
 Ledoux (R.).

- Lefèvre (E.).
Legendre (L.).
Legouëz (R.).
Legoupil (P.).
Legrand (E.).
Lehmann (J.).
Le Las (M.).
Lembké (H.).
Lemoine (C.).
Lequeux (P.).
Leroy (Ch.).
Leroy (G.).
Leroy (M.).
Lesage (R.).
Le Soufaché (J.).
Letheule (P.).
Letrou (M.).
Lévy (M.).
Lezaud (P.).
Liénard (A.).
Lippmann (G.).
Locherer (J.).
Loppé (F.).
Lorain.
Lorin (C.).
Lucas (F.).
Lyon (G.).
Lyon (M.).
Lyra da Silva.

Machelard (P.).
Madeline (M.).
Magunna (H.).
Mahoudeau (J.).
Malandrin (J.).
Mambret (G.).
Manaut (G.).
Maquaire (F.).
Marchand père et fils.
Marchena (de).
Marec (E.).
Maréchal (H.).
Mariage (A.).
Mariage (J.).
Marie (G.).
Marqueyrol (M.).
Martin (J.).
Mascart (C.).
Mascart (L.).
Masset (J.).
Masson (L.).
Mathieu (P.).

Maugas (G.).
Maunoury.
Mayer (N.).
Melchior (M.).
Ménage (M.).
Ménier (G.).
Ménier (H.).
Menuau (C.).
Mercadier (E.).
Mercier (R.).
Mercier de Ste-Croix (P.).
Messmer (A.).
Mestre (M.).
Meyer (F.).
Meyer (G.).
Meyer (M.).
Meyer-May (A.).
Michard (A.).
Michaux (L.).
Michel (C.).
Michel (Cl.).
Michel (P.).
Mildé (C.).
Milon (E.).
Milon (H.).
Minard (J.).
Miramont (P.).
Mix (E.).
Moineau fils (H.).
Monmerqué (A.).
Monnier (D.).
Monthiers (M.).
Montpellier (J.).
Morel-Fatio (L.).
Mors (L.).
Moulin (M.).
Mousset (E.).

Nelson-Uhry.
Nerville (F. de).
Neu (L.).
Nicol (J.).
Nicolas (P.).
Nicolini (E.).
Nissou (G.).
Nivet (L.).
Noé (C.).
Noellet (P.).
Nouvelle (G.).
Nury (J.).

Ordinaire (J.).
Olivier (H.).

Pacault (A.).
Pallier (F.).
Papillon.
Paraf (J.).
Parisse (E.).
Parodi (H.).
Parsons (F.).
Parvillée (L.).
Pataud (H.).
Patot (H.).
Pélissot (L.).
Pèreire (G.).
Périn (L.).
Pérot (A.).
Pérouse (D.).
Perrier (R.).
Perrin (A.).
Perrin (P.).
Pestarini (J.).
Petit (A.).
Petit (G.).
Petit (G.-E.).
Petit (J.).
Petit (P.).
Petitalot (L.).
Petsche (A.).
Peyré (G.).
Piat (A.).
Picot (P.).
Picou (R.-V.).
Pignier (P.).
Pilleux (L.).
Pillier (L.).
Pinget (R.).
Piot (F.).
Pirani (E.).
Pistoye (H. de).
Planchon (F.).
Planteau (J.).
Plisson (J.).
Poincaré (L.).
Polack (R.).
Polack (S.).
Pollak (C.).
Pollard (J.).
Pomey (J.).
Popp (V.).
Pornin (R.).
Postel-Vinay (A.).

- Pouleac (C.).
 Poussif (G.).
 Prat (F.).
 Priestley (C.).
 Prual (F.).
- Quiroga (P.).
- Racapé (A.).
 Radiguer (Ch.).
 Ragonot (E.).
 Randier (P.).
 Rateau (A.).
 Rau (L.).
 Raveau (C.).
 Raymond (L.).
 Raymond (R.).
 Rechniewski (W.).
 Recklinghausen (M. de).
 Redon (L.).
 Reiss (J.).
 Rémon (O.).
 Renard (L.).
 Renault (S.).
 Rey (J.).
 Rey (L.).
 Reynaud (J.).
 Reynier (A.).
 Reyss (J.).
 Ribière (C.).
 Riccia (A. della).
 Richard (F.).
 Richard (G.).
 Richard (J.).
 Riegel (L.).
 Rieux (A.).
 Rios-Cogollos (J.).
 Robard (R.).
 Robert (A.).
 Robillard (G.).
 Robinet (L.).
 Rochas (V.).
 Rochefort-Luçay (O. de).
 Roche-Grandjean.
 Rodocanachi (E.).
 Roger (E.).
 Rohel (E.).
 Rohrer (P.).
 Rolland (E.).
 Rollin (L.).
 Rosen (J.).
- Rosier (M.).
 Rossignol (M.).
 Rothschild (E. de).
 Rothschild (G. de).
 Rouart (A.).
 Roubaud (F.).
 Roussel (M.).
 Rousset (C.).
 Roux (B.).
 Roux (G.).
 Roy (L.).
 Roycourt (E.).
 Royer (H.).
 Ruelle (A.).
- Sabourain (J.-A.).
 Sabouret.
 Sacquet (E.).
 Saglio (V.).
 Saint-Blancard.
 Saint-Victor (A. de).
 Saint-Lézer (J. de).
 Saint-Martin (H.).
 Saivre (M. de).
 Saladin (E.).
 Sandré (H.).
 Santa-Maria (R. de).
 Sarriau (J.).
 Sartiaux (A.).
 Sartiaux (E.).
 Saudau (J.).
 Sauvage (P.).
 Sauze (E.).
 Schombourger (L.).
 Sciana (G.).
 Sébert (Général).
 Sée (R.).
 Séguier (P. de).
 Seiler (A.).
 Seligmann-Lui (G.).
 Semichon (J.).
 Senet (J.).
 Sergot (G.).
 Serrin (H.).
 Siegfried (J.).
 Siegler (J.).
 Sikorski (M.).
 Sire de Vilar (H.).
 Siry (E.).
 Skrivano (M. de).
 Société anonyme des Glaces
 de Saint-Gobain.
- Société de l'Éclairage élec-
 trique.
 Société française Oerlikon.
 Société parisienne pour l'In-
 dustrie des Chemins de
 fer et Tramways.
 Sogno-Lafongt (E.).
 Sosnowski (K.).
 Souben (G.).
 Soulat (J.).
 Sternberg (A.).
 Street (C.).
 Sudria (J.).
 Szarvady (G.).
- Tachard (A.).
 Tamm (H.).
 Tartary (G.).
 Taubé (de).
 Tavernier (C.).
 Tellier (H.).
 Terquem (E.).
 Texier-Bernier (G.).
 Thévenard (A.).
 Thiébaud (V.).
 Thielemans (L.).
 Thiercelein (P.).
 Thoisy (P. de).
 Thomas (H.).
 Thurnauer (E.).
 Ticier (A.).
 Tillot (M.).
 Tirefort (C.).
 Tison (E.).
 Tonnart (A.).
 Tosi (A.).
 Touanne (de la).
 Toulon (P.).
 Tournaire (C.).
 Traz (J. de).
 Tresca (G.).
 Tripier (A.).
 Tripier (H.).
 Tritz (M.).
 Troost (L.).
 Turenno (P.).
- Uzel (P.).
 Ullmann (J.).
 Valbreuze (R. de).
 Valensi (R.).
 Vallée (G. de).

Van Deth (H.).
 Varney (E.).
 Vassillière (J.).
 Vaublanc (C. de).
 Vaudrey (P.).
 Vedovelli (E.).
 Vermain (A.).
 Vornes (A.).
 Vernet (F.).
 Véry (H.).
 Vial (J.).
 Vigerie (R.).
 Viguerie (C.).
 Villard (P.).
 Ville Le Roulx (P. de la).
 Vincens (E.).
 Violet (L.).
 Violle (J.).
 Vivarez (H.).
 Vivien (A.).
 Vourloud (P.).
 Vuigner (E.).
 Walckenaer (C.).
 Wall (C.).
 Wallut (R.).
 Warnery (F.).
 Wattelet (J.).
 Weiersmuller (G.).
 Weill (H.).
 Weiller (L.).
 Weiss (G.).
 Weissmann (G.).
 Wetzel (P.).
 Weyer (V.).
 Widmer (J.).
 Winch (J.).
 Witzig (A.).
 Wulleumier (H.).
 Zetter (C.).

PUTEAUX

Berland (L.).
 Langlade (J.).

SAINT-MANDÉ

Couillard (L.).
 Durupt (C.).
 Helmer (O.).
 Laville (C.).
 Revel (A.).
 Risler (T.).

SAINT-AURICE

Brait de la Mathe.

SAINT-OUEN

Hacart (F.).

SCEAUX

Boitel (L.).

SURESNES

Arsonval (A. d').
 Viry (P.).

VANVES

Chambost (P.).
 Cornillaux.
 Jigouzo (P.).

LA VARENNE-SAINT-HILAIRE

Caillavet (L.).
 Thirion (Ch.).

VINCENNES

Babillot (G.).
 Deprez (Marcel).
 Lorfeuvre (M.).

VITRY-SUR-SEINE

Chabot (L.).
 Pavie (G.).

SEINE-ET-MARNE

AVON

Colusse (E.).

CHAMPAGNE-SUR-SEINE

Besseigne (J.).
 Cottard (J.-B.).

FONTAINEBLEAU

Baudran (E.).
 Chevalier (L.).
 Piroëlle (M.).

MORET-SUR-LOING

Bouquet (R.).

SAINT-MAMMÉS

Durand (E.).

SEINE-ET-OISE

BELLEVUE

Gallice (G.).

CORBEIL

Rousseau (A.).

CROISSY-SUR-SEINE

Leblanc (M.).

ENGHIEN-LES-BAINS

Chalmel (L.).

ERMONT

Bergeron (L.).

GARCHES

Pontcharra (F. de).

HERBLAY

Boireaux.

LOUVECIENNES

Nathan (G.).

MAISONS-LAFFITTE

Bouguié (R.).
 Neveux (J.).
 Péroux (E.).

MASSY

Picard (P.).

MEUDON

Bernard (A.).
 Sekutowicz (L.).
 Tainturier (C.).

MONTGERON

Roberjot (H.).

MONTMORENCY

Fargues (J.).
 Mongin (E.).
 Schlumberger (G.).

MONTRETOUT

Roussel (M.).

LE RAINCY

Guilbert (C.).

RUEIL

Bellot (A.).

SAINT-CLOUD

O'Keehan (C.).
 Vulcanesco (G.).

SAINT-GERMAIN-EN-LAYE

Michel (A.).

S^t-GERMAIN-LES-CORBEIL

Liouville (L.).

SAINT-OUEN-L'AUMÔNE

Gateau (R.).

SÈVRES

Benoit (R.).
 Guillaume (Ch.).

VAUX-SUR-SEINE

Haussadis (H.).

VERSAILLES

Alglave (E.).
Caussin de Perceval (M.).
Clément (C.).
Gall (H.).
Nugues (L.).
Prez-Crassier (J. de).

VÉSINET (LE)

Cantelaube (P.).

SEINE-INFÉRIEURE

DÉVILLE-LES-ROUEN.

Gentel.

ELBEUF

Cléry-Melin (E.).

GRAVILLE-SAINTE-HONORINE

Stahl (J.).

HAVRE (LE)

Dennis (F.).
Ehrmann (P.).
Esbran (L.).
Foulhouze (A.).
Hefty (A.).
Oury (L.).
Pannetier (A.).
Réol (G.).
Roussel (A.).
Rouyer (J.).
Thomas (S.).
Unné (G.).

ROUEN

Aubry (J.).
Canart (L.).
Morel (C.).

SAINTE-ADRESSE

Bouette (W.).
Gratzmuller (L.).

LE TRÉPORT

Gignon (C.).

SÈVRES (DEUX-)

NIORT

Leyendecker (L.).

PARTHENAY

Rambeaud (R.).

SOMME

AMIENS

Association des Propriétaires d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise.
Blondel (L.).
Sannier (R.).
Tacquet (P.).
Vagniez (B.).

TARN

ALBI

Luszczkiewicz (J.).
Soucadauch (R.).

CARMAUX

Rouvel (V.).

CASTRES

Anglade (J.).
Brissaud (J.).

MAZAMET

Martinel (G.).

TARN-ET-GARONNE

MONTAUBAN

Castan (A.).

TERRITOIRE DE BELFORT

BEAUCOURT

Japy frères et C^{ie}.
Thomann (A.).

BELFORT

Belfils (G.).
Berthier (A.).
Charpentier.
Dorido (E.).
Heilmann (J.).
Lecat.
Soumet (A.).
Zweifel (G.).

VALDOIE (LE)

Herrgott (J.).

VAR

LA SEYNE

Ravut (C.).

TOULON

Cochin (J.).
Couade (M.).
Delage.

Desfontaines (G.).

Fabre (P.).
Gaudouin (F.).
Lelong (R.).
Mercier (E.).
Paquier (E.).
Péridier (J.).
Savatier (L.).

VAUCLUSE

AVIGNON

Faugier (P.).
Ferré (F.).
Loudrier (A.).
Nouguier (L.).

BÈDARRIDES

Claparède (E.).

VIENNE

CHATELIERAULT

Lecler (H.).

POITIERS

Turpain (A.).

VIENNE (HAUTE-)

LA CÔTE

Barennes (H.).

COUZEIX

Taboury (P.).

LIMOGES

Biles (P.).
Guasson (B.).

LE VIGEN

Guitard (P.).

VOSGES

ÉPINAL

Andrieu (P.).

PLOMBIÈRES-LES-BAINS

Lagabbe (C. de).

REMIREMONT

Abt (V.).

SAULXURES

Guesde (M.).

YONNE

AUXERRE

Bressot (J.).

ALGÉRIE

ALGER
Cardot (A.).
Cohen-Jonathan (S.).
Mille.
Montès (H.).

ORAN
Bons.
Malaussène (A. de).

**COLONIES FRANÇAISES
et Pays de Protectorat.**

ANNAM
TOURANE
Dussaix (H.).

COCHINCHINE

SAÏGON
Simonin (A.).

TONKIN
HAÏPHONG

Barrière (J.).
Sabatier (L.).

HANOÏ
Lauthier (E.).

MARTINIQUE
FORT-DE-FRANCE
Mével (P.).

NOUVELLE CALÉDONIE

TAO
Hugoniot (Ch.).

SÉNÉGAL
DAKAR
Bähr (G.).

TAHITI
PAPEETE
Marting (E.).

TUNISIE
SFAX
Reboul (A.).
TUNIS
Mouchard (L.).

ÉTRANGER.

ALLEMAGNE

BARMEN
Lecocq (F.).
BERLIN
Bodenstedt (F.).
Hissink (J.).
Pésez (L.).
Priluker (J.).

FRIBOURG
Blasberg (E.).
Himmelsbach frères.

HAGEN I. W.
Bécot (H.).

METZ
Hertzog (G.).
MULSHEIM-SUR-RHIN
Felten et Guillaume.

MUNICH
Kesseldorf (W.).

ANGLETERRE

BIRMINGHAM
Ellison (G.).
DORSET
Adams (W.).

EALING W.
Cleghorn (J.).
HAMPTON-WICK
Waterhouse (L.).

LONDRES
Bentley (S.).
Braby (I.).
Daniell (F.).
Gatehouse.
Gray (C.).
Gray (R.).
Gray (W.).
Joly (H.).
Kempe.
Le Nève-Foster (A.).
Lynch (A.).
Mathieu (C.).
Moulton (J.).
Oboukhoff (N.).
Sabine (A.).
Sellon (J.).
Simpson (G.).
Stroh (A.).

NEWCASTLE-ON-TYNE
Proctor (C.).
OXFORD
Clifton (R.).

SURREY
Preece (W.).
TWYFORD
Massey (W.).
VALENTIA
Graves (J.).
WELLS
Salomons (D.).
WEYBRIDGE
Bidwell (S.).

COLONIES ANGLAISES
SHERBROOKE
Begin (L'abbé).
MONTREAL
Dalémont (J.).
BOMBAY
Marshall (N.).
ARKONUM
Winter (G.).

ARGENTINE
(RÉPUBLIQUE-)
CONCORDIA
Coulon (L. de).

ROSARIO

Girard (C.).

AUTRICHE

AGRAM

Dvorak.

BRUNN

Niethammer (F.).

BUDAPEST

Direction générale des
Postes et Télégraphes de
Hongrie.

Hevesy (G.).

Réthy (O.).

PRAGUE

Krizik (F.).

RADMANNSDORF

Polignac (Prince de).

VIENNE

Ziffer (E.).

BELGIQUE

BRUXELLES

Banneux (J.).

Bède (E.).

Cacheux (A.).

Closset (E.).

Dierman (W.).

Gérard (E.).

Heyland (A.).

Rouma (A.).

Sarrat (F.).

Solvay (E.).

CHARLEROI

Monteils (H.).

FLORIFFOUX

Dorlodot (J. de).

GAND

Mensbrugghe (G. Van der).

ISEGHEM

Ameye (C.).

LIÈGE

Gérard (E.).

Ortmans (J.).

MENIN

Mathieu (E.).

S.

MONS

Macquet (A.).

PALISEUIL

Egli (A.).

VILLEBROECK

Naeyer et C^{ie} (de).

BRESIL

BAHIA

Meirelles de Silva.

RIO-DE-JANEIRO

Almeida Lisboa (de).

Grandmasson (E.).

SAO PAULO

Guilhem (E.).

BULGARIE

VARNA

Nedeff (N.).

CHILI

SANTIAGO

Echeverria (R.).

Edwards (R.).

CHINE

PÉKIN

Bouillard (G.).

SHANGHAI

Château (P.).

ÉGYPTE

LE CAIRE

Burton (C.).

Martin (G.).

KORACHIEH

Crovisier (C.).

ESPAGNE

BARCELONE

Berenguer (L.).

Masó Escubós (E.).

FERROL

Cervera y Jacome (L.).

GERONA

Xifra (N.).

GRENADE

Delorme (A.).

LOGROSAN

Martel (C.).

MADRID

Constantin (L.).

École spéciale des Mines.

Fournier (H.).

Hauser (H.).

Madariaga (J.).

Rouët de Journal.

Sanchez Cuervo (L.).

MALAGA

Durand (F.).

SANTANDER

Escalante (J.).

Vial (C.).

VALENCE

La Casta y Espana.

VALLADOLID

Tissot (E.).

**ÉTATS-UNIS
D'AMÉRIQUE**

AMPÈRE

Heitmann (E.).

BOSTON

Jackson (D.).

CHICAGO

Wait (H.).

ENGLEWOOD

Weaver (W.).

GREAT-BARRINGTON

Stanley (W.).

NEW-JERSEY

Hamilton (G.).

NEW-YORK

Cannes (I.).

Diény (P.).

Mailloux (C.).

Marks (L.).
Scharp (C.).
Steynis (J.).
Tesla (N.).

PHILADELPHIE

Barker (G.).
Héring (C.).
Hunter (R.).
Russell (C.).

PITTSFIELD

Kelly (J.).

SAN-FRANCISCO

Molera (E.).

SCHENECTADY

Creighton (E.).

SWAMPSCOTT

Thomson (E.).

COLONIES AMÉRICAINES

PORTO-RICO

Vives (G.).
Vives y Navaro (C.).

GRÈCE

ATHÈNES

Nicolaïdi (C.).

HOLLANDE

AMSTERDAM

Romeyn (H.).

DEFT

Snijders (J.).

HARLEM

Bosscha (J.).

ROTTERDAM

Doyer (H.).

SCHEVENINGUE

Menges (C.).

VENLO

Trenzen (D' C.).

WAGENINGUE

Vloten (F. van).

ITALIE

CATANIA

Grimaldi (G.).

MILAN

Arno (R.).
Bruni (A.).
Maiuri (G.).

NAPLES

Semmola (E.).

SAVONE

Dotta (A.).

TURIN

Cattaneo (R.).
Moreno (O.).

VADO-LIGURE

Goudet (H.).

VILLAFRANCA-IN-LUNIGIANA

Mailly (P.).

JAPON

TOKIO

Ohdatchi (G.).
Stone (W.).

MEXIQUE

MEXICO

Louvrier (F.).
Matty (L.).
Pinson (E.).

ZACATECAS

Thiriet (J.).

MONACO

(PRINCIPAUTÉ DE)

MONACO

Martiny (J.).

MONTE-CARLO

Cabirau (H.).

PORTUGAL

COÏMBRA

Viégas (D^r).

GAYA

Paiva (De).

LISBONNE

Borges (F.).
Brito (A. de).
Cabral (P.).
Castanheira das Neves.
Hermann (M.).
Miet (M.).
Triguieros de Mârtel.

PORTO

Albuquerque (F. d').

RÉPUBLIQUE DE BOLIVIE

PULÉCALÉO

Ambrières (G. d').

ROUMANIE

BUCAREST

Bratman (F.).
Budeanu (C.).
Cosmovici (A.).
Fournaraki (L.).
Olivier (G.).
Vasilescu-Karpen.

CONSTANTZA

Busila (C.).

JASSY

Hurmuzescu (D.).
Varlanesco (J.).

SOULINA

Jijié (A.).

RUSSIE

EKATERINBOURG

Bajanoff.

EKATERINOSLAW

Féodoroff (M.).

KHARKOW

Piltchikoff (N.).

KRASNY-HOLM

Mychencov (C.).

LIGOVO

Lemaître (M.).

MOSCOU

Lindé (F.).

PIKELI

Oraw (J.).

ROSTOW-SUR-DON

Panine (W.).

RYKOUSKI

Sellier (A.).

SAINT-PÉTERSBOURG

Chelminski (L.).

Gavriloff (J.).

Lodyguine (de).

Roundo (A.).

Tchernosvitoff (N.).

SARATOF

Jelenkowski (J.).

VARSOVIE

Eytner (P.).

Hannothiaux (E.).

Krakowski (L.).

Kraushar (J.).

Opechowski (E.).

SERBIE

NERESNITZA

Mustelier (F.).

SIAM

BANGKOK

Odent (M.).

SUISSE

BADEN

Litschgi (C.).

CORTAILLOD

Borel (C.).

Borel (F.).

FRIBOURG

Coulon (R. de).

Giles (G.).

Kowalski (de).

GENÈVE

Dupont-Buèche (M.).

Gauthier (P.).

Thury.

Turrettini (T.).

Vettiner (A.).

Vuilleumier (C.).

LAUSANNE

Aubert (A.).

Landry (J.).

Raoux (L.).

PRILLY

Boucher (A.).

SCHAFFHOUSE

Amsler-Lafon.

SAINT-IMIER

Geneux (F.).

VILLENEUVE

Duflon (L.).

ZURICH

Tauber (K.).

Tobler (A.).

Weber (H.).

Weiss (P.).

TURQUIE

CONSTANTINOPLE

Mehmed Emin.

Oudot (R.).

Pech (L.).

Saïd (M.).

Verdoux (J.).

URUGUAY

MONTEVIDEO

Abal (H.).

Smith (J.).

SALTO

Grivot (A.).

LISTE DES PÉRIODIQUES

REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

La Bibliothèque est ouverte aux Membres de la Société tous les jours de 3^h à 6^h,
excepté les dimanches et jours fériés.

France. — PARIS.

Annales des Mines.

Association française pour l'avancement des Sciences.

Bulletin de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail.

Bulletin de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.

Bulletin de la Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.

Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale.

Bulletin de la Société française de Photographie.

Bulletin du Laboratoire d'Essais du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Bulletin technologique de la Société des anciens élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers.

Comptes rendus de l'Académie des Sciences.

Compte rendu des séances des Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur.

Électricien (L').

Génie civil (Le).

Industrie électrique (L').

Journal de l'École Polytechnique.

Journal de Physique théorique et appliquée.

Lumière électrique (La).

Mois scientifique et industriel (Le).

Nature (La).

Radium (Le).

Revue électrique (La).

Revue générale des Chemins de fer et des Tramways.

Revue générale du froid (La).

Revue de Mécanique (La).

Revue de Métallurgie (La).

Revue scientifique (La).

Revue technique (La).

Société des Ingénieurs civils de France (Mémoires et Procès-verbaux).

Société de Physique (Séances de la).

France. — DÉPARTEMENTS.

Annales de la Faculté des Sciences de Marseille.
Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse.
Archives d'Électricité médicale de Bordeaux.
Bulletin de la Société scientifique industrielle de Marseille.
Bulletin de la Société industrielle du Nord de la France, de Lille.
Bulletin de la Société industrielle de l'Est.
Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.

Étranger.

ALLEMAGNE.

Beiblätter zu den Annalen der Physik.
Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen.
Elektrotechnische Zeitschrift.
Fortschritte der Elektrotechnik.
Institut Impérial Physico-technique.
Physikalische Zeitschrift.
Zeitschrift für Elektrochemie.
Zeitschrift für Instrumentenkunde.
Zeitschrift für Schwachstromtechnik.

ANGLETERRE.

Central (The), organe de la « Central Technical College Old Students' Association ».
Electrical Engineering.
Electrical Review.
Electrician (The).
Engineering.
Illuminating Engineer (The).
Journal of the Institution of Electrical Engineers of London.
Journal of the Society of Arts.
National Physical Laboratory (The).
Patent office Library.
Science Abstracts.

AUTRICHE.

Elektrotechnik und Maschinenbau.

BELGIQUE.

Bulletin de l'Association des Ingénieurs électriciens sortis de l'Institut Montefiore.
Bulletin de la Société belge d'Électriciens.
Union internationale de Tramways et de Chemins de fer d'intérêt local (Circulaires et Rapports).

DANEMARK.

Den Tekniske Forenings Tidskrift.

ESPAGNE.

Revista tecnologico industrial.

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE.

Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution.

Bulletin of the Bureau of Standards de Washington.

Bulletin of the University of Wisconsin.

Electric Railway Journal.

Electrical Review.

Electrical World.

Engineering Magazine.

Journal of the Franklin Institute.

Proceedings of the American philosophical Society.

Transactions of the American Institute of Electrical Engineers.

Western Society of Engineers.

ITALIE.

Atti della Associazione elettrotecnica italiana.

Elettricista (L').

Il nuovo Cimento.

Ingegneria (L') ferroviaria.

Rendiconto dell' Accademia delle Scienze di Napoli.

PAYS-BAS.

Communications du Laboratoire de Physique de l'Université de Leyde.

PORTUGAL.

Revista de las obras publicas e minas.

RUSSIE.

Electritchestvo (Électricité russe).

Zapiski (Annales de la Société technique impériale russe, de Moscou).

SUISSE.

Bulletin technique de la Suisse romande.

Journal de Chimie physique.

Journal télégraphique.

Schweizerische Bauzeitung (Revue polytechnique).

Schweizerische elektrotechnische Zeitschrift.



LISTE DES LIBRAIRES ET ÉDITEURS

ACCORDANT DES REMISES.

Baillière et fils , 19, rue Hautefeuille, Paris	Remise de	10 %
Béranger ⁽¹⁾ , 15, rue des Saints-Pères, Paris	—	20 %
Bernard Tignol , 53 <i>bis</i> , quai des Grands- Augustins, Paris.....	—	10 % jusqu'à 25 ^{fr} 15 % au-dessus
Desforges , 39, quai des Grands-Augus- tins, Paris.....	—	10 %
Dunod et Pinat , 49, quai des Grands-Au- gustins, Paris	—	10 %
Geisler , 1, rue de Médicis, Paris	—	20 %
Gratier et Rey , à Grenoble.....	—	10 %
Lahure , 9, rue de Fleurus, Paris	—	20 %
— — Périodiques.	—	1 ^{fr} sur abonnement ⁽²⁾
Librairie Larousse , 17, rue du Montpar- nasse, Paris	—	10 %
Plon et Nourrit , 8, rue Garancière, Paris.	—	10 %
Theuveny , 80, rue Taitbout, Paris.....	—	10 %

INSIGNE.

L'insigne en argent est envoyé à tout Membre de la Société qui en fait la demande au Secrétariat, 14, rue de Staël, en joignant un mandat de 5^{fr} au nom du Trésorier.

(¹) Adresser les commandes au Secrétariat de la Société, 14, rue de Staël, Paris, 15^e.

(²) La réduction sur les abonnements ne peut être faite que lorsque l'éditeur a été prévenu à l'avance de la qualité de l'abonné.

45179

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,

Quai des Grands-Augustins, 55.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE

DES

ÉLECTRICIENS.

Reconnue d'utilité publique par décret du 7 Décembre 1886.

ANNUAIRE

POUR 1910.

Supplément au Bulletin mensuel n° 94 (2^e Série), Avril 1910.



SIÈGE SOCIAL : 12 & 14, rue de Staël, Paris

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1910

MANUFACTURE DE FILS ET CABLES
POUR L'ÉLECTRICITÉ

R. ALLIOT & ROL

Ingénieur E. C. P.

PARIS. — 38, rue de Reuilly. — PARIS.

Usines à PARIS et à BOHAIN (Aisne).

Téléphone 903.30.

Adresse télégraphique : RACABLE-PARIS.

ATELIERS RUHMKORFF

J. CARPENTIER

Ingénieur-Constructeur

PARIS. — 20, rue Delambre. — PARIS.

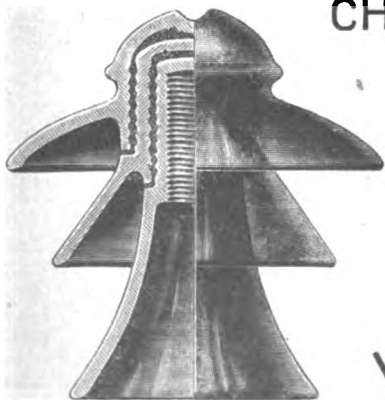
APPAREILS DE MESURES ÉLECTRIQUES

Boîtes de résistances industrielles et de précision. — Galvanomètres. — Wattmètres. — Ohmmètres. — Pyromètres électriques. — Ampèremètres et voltmètres industriels et de précision. — Installations pour l'essai des fers. — Oscillographes et rhéographes. — Manographe Hospitalier-Carpentier. — Bobines Ruhmkorff pour allumage des moteurs. — Matériel pour radiographie et télégraphie sans fil.

FILS ET LAMES EN ALLIAGE FUSIBLE
pour **COUPE-CIRCUITS**

LOUIS DAVID

9, rue de Madrid, PARIS (VIII^e Arr.) — Téléphone 506.60.



CHARBONNEAUX & C^{ie}

Verreries de Reims

Fournisseurs des Ministères
des Postes et Télégraphes, des Colonies,
de la Guerre, et des grandes
Compagnies
de chemins de fer.

Téléphone :

198

ISOLATEURS EN VERRE "SPÉCIAL"
DES VERRERIES DE REIMS
Pour Basses et Hautes Tensions

Agent à Paris :

A. TAVEAU, Ing. E. C. P.

4, rue des Grands-Champs

Téléphone 935-52



USINES DE

PERSAN-BEAUMONT



(Seine-et-Oise).

CAOUTCHOUC

GUTTA-PERCHA

CABLES ET FILS ÉLECTRIQUES

PNEU
PERSAN

THE INDIA RUBBER, GUTTA PERCHA
& TELEGRAPH WORKS C^o (LIMITED)

USINES { **PERSAN** (Seine-et-Oise).
SILVERTOWN (Angleterre).

PARIS, 323, rue Saint-Martin, PARIS

JAPY FRÈRES & C^{ie}

à BEAUCOURT (*Haut-Rhin français*)

PARIS, 4 et 7, rue du Château-d'Eau et 3, boulevard Magenta

Fournisseurs de la Marine, des Postes et Télégraphes,
des Compagnies de Chemins de fer et des grandes Administrations.

PETIT APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE pour simple et double voltage

Douilles à baïonnettes, isolées ou non. Douilles Edison. Coupe-circuits, interrupteurs, prises de courants, griffes, raccords, suspensions, abat-jour, réflecteurs, plaques émaillées, plaques pour poteaux de lignes.

LUSTRERIE ÉLECTRIQUE de tous styles.

Appliques à une et plusieurs branches, Plafonniers, Lustres, Lampes portatives; Lampes de bureau, d'atelier, de parquets, etc. **Modèles nouveaux.**

ÉCLAIRAGE PUBLIC

LANTERNES et CONSOLES, Modèles variés.

APPAREILS DE MESURE

Voltmètres et Ampèremètres

VOLTMÈTRES et AMPÈREMÈTRES, série industrielle
pour courants continu et alternatif.

APPAREILS FORME MONTRE,
pour automobilistes.

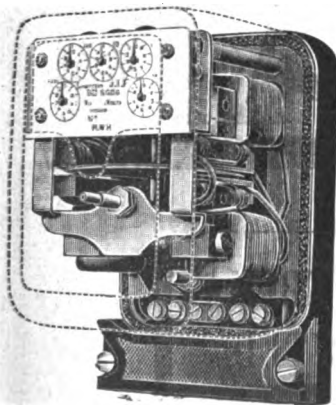
COMPTEURS D'ÉNERGIE & WATTMÈTRES

(Agréés par le Ministère de la Marine et la Ville de Paris)

Nouveau type de Compteurs AR et AJF pour courants alternatifs, mono et triphasés
Breveté S. G. D. G.

Basculateurs ou Limiteurs de courant pour installations à forfait,
de 1/2 à 40 ampères.

Envoi des Catalogues sur demande.

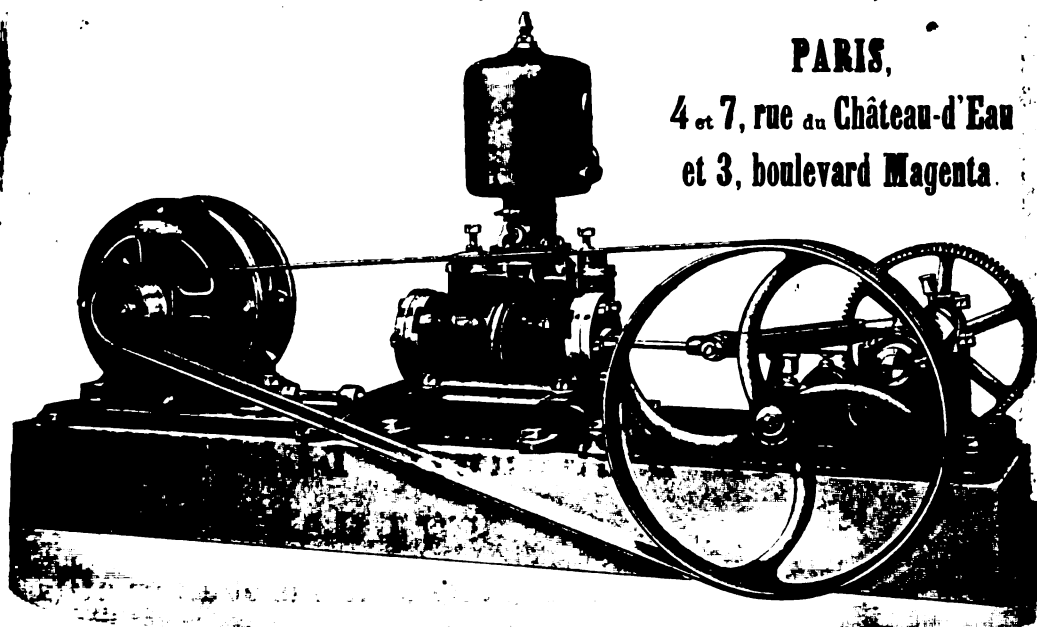


JAPY FRÈRES & C^{ie}

à BEAUCOURT (*Haut-Rhin français*)

PARIS,

4 et 7, rue du Château-d'Eau
et 3, boulevard Magenta.



MOTEURS ET DYNAMOS

POUR COURANTS CONTINUS ET ALTERNATIFS, MONOPHASÉS ET TRIPHASÉS, AVEC OU SANS GLESIÈRE

Moteurs avec suspensions à ressort.

ÉLECTRO-POMPES centrifuges et à pistons

GROUPES FIXES ET SUR CHARIOT

Polisseuses électriques, Perceuses, Applications diverses

SPÉCIALITÉ DE MOTEURS POUR MACHINES A COUDRE

DYNAMOS POUR GALVANOPLASTIE

VENTILATEURS pour courants continu et alternatif

TRANSFORMATEURS

APPAREILS DE TABLEAUX (Nouveaux Modèles)

TABLEAUX DE DISTRIBUTION COMPLETS

LAMPES A ARC

différentielles pour courant continu et à champ tournant pour alternatif. — Appareillages variés, accessoires de lampes à arc.

MOTEURS A ESSENCE. — MOTEURS A ALCOOL

GROUPES ÉLECTROGÈNES

Envoi des Tarifs sur demande.

Compagnie Anonyme Continentale

POUR LA FABRICATION DES

• COMPTEURS •

A GAZ ET AUTRES APPAREILS

Ancienne Maison **J. BRUNT & C^{IE}**

CAPITAL : 2.250.000 FRANCS

SIÈGE SOCIAL : 9, Rue Pétreille, PARIS (IX^e).

COMPTEUR D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

“ VULGAIN ”

Pour courants continus et alternatifs.



COMPTEURS “COSINUS”

POUR

courants alternatifs décalés ou non décalés.

COMPTEURS

A DÉPASSEMENT

COMPTEURS SPÉCIAUX

POUR TABLEAUX



Compteurs à paiement préalable et à double tarif

TÉLÉPHONE :
708.03-04

Ancienne Maison MICHEL et C^{ie}

ADR. TÉLÉG. :

COMPTO-PARIS

COMPAGNIE POUR LA FABRICATION DES

COMPTEURS

et Matériel d'Usines à Gaz

Société Anonyme. Capital 8.000.000 fr. - 16 & 18, BOULEVARD DE VAUGRARD, PARIS.

COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ

Modèle B

pour courants continu et alternatif

O'K

pour courant continu

A. C. T.

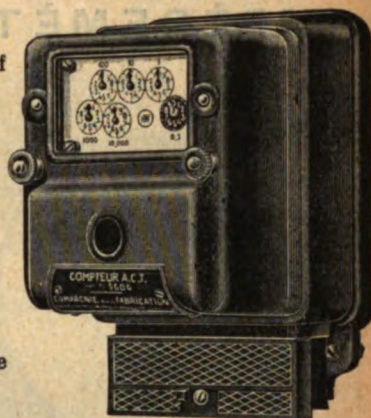
pour courants alternatifs
monophasé et polyphasé

COMPTEURS

à double tarif, à indicateur de
consommation maxima,
à dépassement.



Compteur O'K.



Compteur A. C. T.

COMPTEURS AMPÈREHEUREMÈTRES
suspendus pour tramways

COMPTEURS ASTATIQUES



COMPTEURS A PAIEMENT PRÉALABLE
Système Berland

COMPTEURS A TARIFS MULTIPLES
Système Mähl

APPAREILS DE MESURES

— SYSTÈME —
MEYLAN D'ARSONVAL

Indicateurs et Enregistreurs

pour courant continu et pour courant alternatif, thermiques et électromagnétiques.
Appareils à aimant pour courant continu.

Voltmètres-Ampèremètres-Wattmètres

Appareil pour mesurer la résistance
des joints de rail.

Fluxmètre GRASSOT

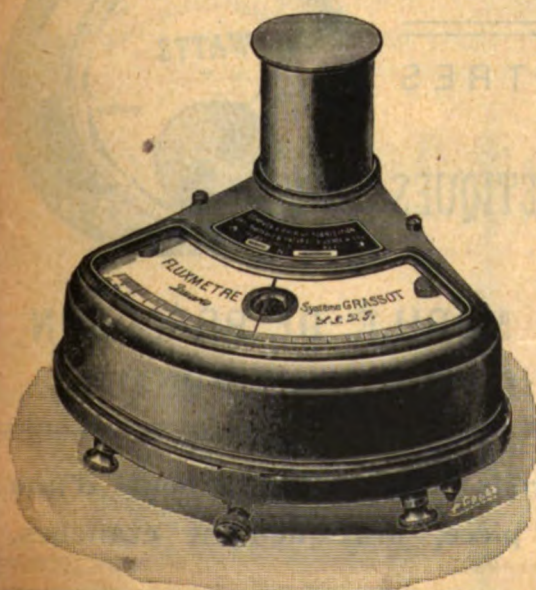
Pyromètres à radiations calorifiques

pour la mesure des températures de 400° à 3500°.

SYSTÈME FÉRY

Lunette Pyrométrique.
Canne thermoélectrique.

Ondographe HOSPITALIER



Compagnie F.A.C.

APPAREILS DE MESURES ÉLECTRIQUES

81, rue Saint-Maur — PARIS (11^e)



AMPÈREMÈTRES ✻ VOLT MÈTRES

VOLTAMPÈREMÈTRES
ACCUMÈTRES ==

== WATTMÈTRES

GALVANOMÈTRES

MILLIAMPÈREMÈTRES

MILLIVOLT MÈTRES =

== GALVANOSCOPES

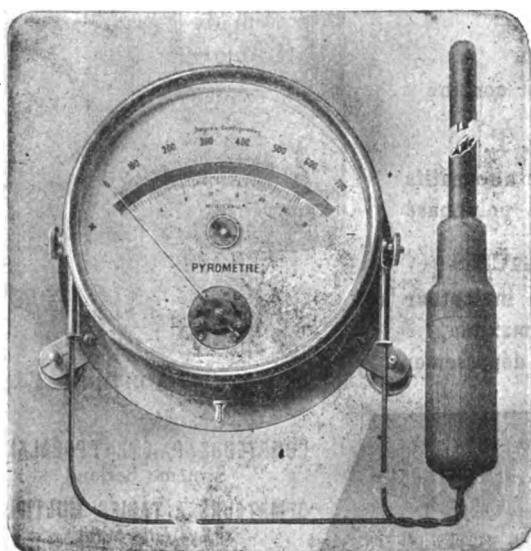
MAGNÉTOSCOPES

== OHMMÈTRES =

INDICATEURS DE POLES

INDICATEURS

DE PASSAGE DE COURANT



AMPÈRE LAMPÈMÈTRES

VOLTAMPÈRE LAMPÈMÈTRES

WATT LAMPÈMÈTRES ==

== PYROMÈTRES

APPAREILS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

(apériodiques-amortis)



APPAREILS A CADRE MOBILE, DE PRÉCISION

PETITS APPAREILS DE POCHE FORME MONTRE

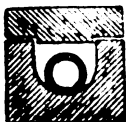
NOUVEAUTÉ : Appareils tout en fer embouti d'une seule pièce, pratiquement étanches.

Médaille d'argent, d'or et Diplôme d'honneur aux Expositions Universelles de Paris 1889, Lyon 1894, Bordeaux 1895.

TUYAUX FLAMANDS

En bois de pin, injectés au sulfate de cuivre ou à la créosote.

FABRIQUÉS A LA FORÊT DU FLAMAND, PRÈS LESPARRÉ (GIRONDE).



SYSTEME BREVETÉ S. G. D. G.

Adopté par la Ville de Paris, par l'Administration des Postes et Télégraphes, par les C^{ies} de chemins de fer et par les principales Sociétés de Gaz et d'Electricité de France et de l'Etranger.



ÉLECTRICITÉ — GAZ — EAU — DRAINAGE

Fourreaux protecteurs des conduites et des câbles souterrains. — Diamètres intérieurs et nombre des rainures suivant demande.

Société anonyme de la Forêt du Flamand, 21, rue Boudet. — BORDEAUX.

Echantillons et prix courants sur demande.



ISOLANTS PORCELAINE



POUR TOUTES APPLICATIONS ÉLECTRIQUES



FERRURES ET SUPPORTS GALVANISÉS

Exécution de toutes pièces PORCELAINE suivant plans ou modèles

CH. MARTEL & L. THOMAS

Manufactures de Porcelaines à ESTERNAY (Marne)

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS,

Quai des Grands-Augustins, 55, à Paris (6^e).

Envoi franco dans toute l'Union postale contre mandat de poste ou valeur sur Paris.

TRACTION ÉLECTRIQUE

Par **Eric GERARD,**

Directeur de l'Institut électrotechnique Montellore,
Professeur à l'Université de Liège.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE VI-136 PAGES, AVEC FIGURES; 1900..... 3 FR. 50 C.

P. BOUILLET

94, Rue de Montreuil -:- Téléph. 941.54

Dépôt : 156, rue de Vanves. Téléph. 735.65

**VENTE, LOCATION, ACHAT
et Réparation de Dynamos**

MOTEURS ÉLECTRIQUES

MOTEURS A GAZ, PÉTROLE & ESSENCE



LAMPES BARDON

POUR TOUTES APPLICATIONS
PLUS DE 85 000 LAMPES EN SERVICE

LAMPES A CHARBONS
MINÉRALISÉS
convergentes et superposés
LAMPES PAR TROIS
Sous 110 volts, sans résistance
en circuit

LAMPES PM de 220 à 240 watts
en dérivation sous 110 volts ou
en série sous 220 volts

Demandez le Catalogue Édition A 1909

Téléphone 506-75

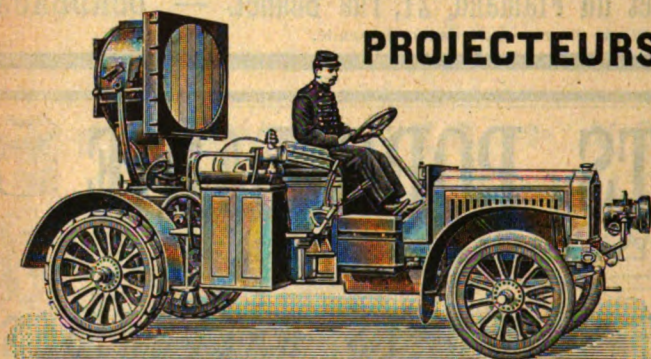
81, Boulevard National, CLICHY (Seine).

SAUTTER, HARLÉ & C^{ie}
HARLE & C^{ie}, S^{RS}

PARIS. — 26, Avenue de Suffren, 26. — PARIS

EXPOSITION UNIVERSELLE — PARIS 1900

3 Grands Prix — 4 Médailles d'Or — Hors Concours. Jury (Classe 117)

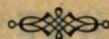


**PROJECTEURS ÉLECTRIQUES
AUTOMOBILES**

pour la guerre

PROJECTEURS

pour la marine



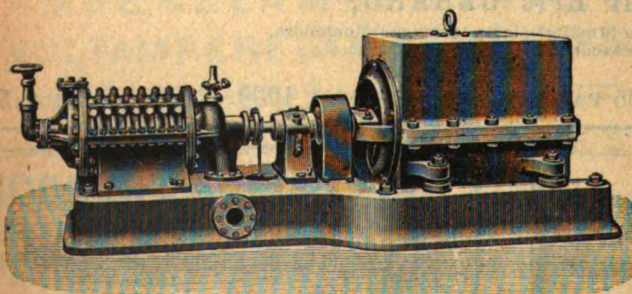
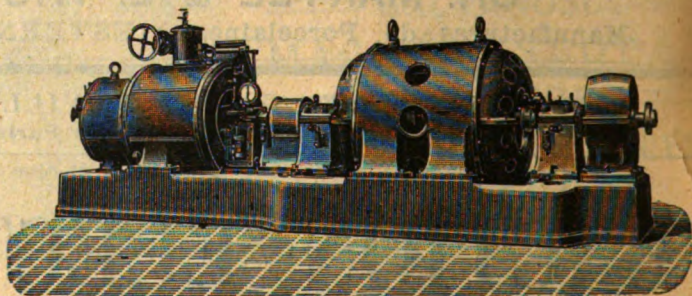
• DYNAMOS • ÉLECTROMOTEURS •

GROUPES

ÉLECTROGÈNES

Avec

Turbines à vapeur



POMPES

ÉLECTRIQUES

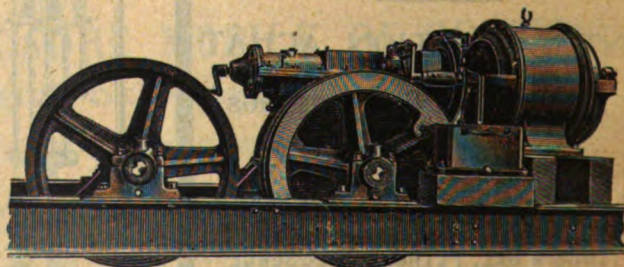
et

TURBO-POMPES

**APPAREILS
DE LEVAGE**

Actionnés par l'électricité

**TREUILS
TRANSBORDEURS**



MESURES ÉLECTRIQUES

Ampèremètres, Voltmètres, Wattmètres

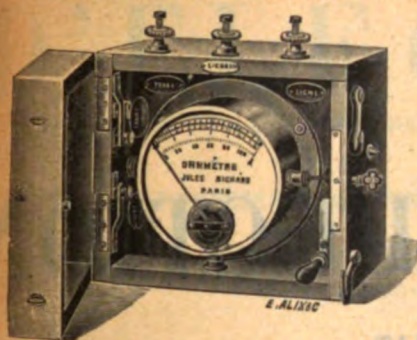
ENREGISTREURS RICHARD

ET APPAREILS DE TABLEAUX

Courants continus et Courants alternatifs

NOUVEAUX MODÈLES

Parfaitement apériodiques pour traction électrique.



Exposition et vente :
10, rue Halévy (Opéra).

Envoi franco
des Notices.

ENREGISTREURS à défilement rapide du papier.

Modèle électro-magnétique à apériodicité réglable (Breveté S. G. D. G.) sans aimant permanent.

Modèle apériodique de précision à cadre d'Arsonval.

Modèle thermique à consommation réduite (Brev. S.G.D.G.)

Boîtes de contrôle, Ohmmètres, Compteurs horaires, Indicateurs et Avertisseurs optique et acoustique de tension...

Ancienne Maison RICHARD, Frères

J. RICHARD, Fondateur et Successeur, 25, rue Mélingue, PARIS

PARIS 1889, 1900, ST-LOUIS 1904 : **GRANDS PRIX** | LIÈGE 1905 : **HORS CONCOURS**
MILAN 1906, LONDRES 1908 : **MEMBRE DU JURY**

A LA MÊME MAISON : LE **VÉRASCOPE**, LE **GLYPHOSCOPE** ET LE **TAXIPHOTE**

J A N D U S

CHARBONS
MINÉRALISÉS

VASE
CLOS

600 watts
2500 bougies

Indérégable
Pas de vapeurs

CHARBONS
DE 70 HEURES

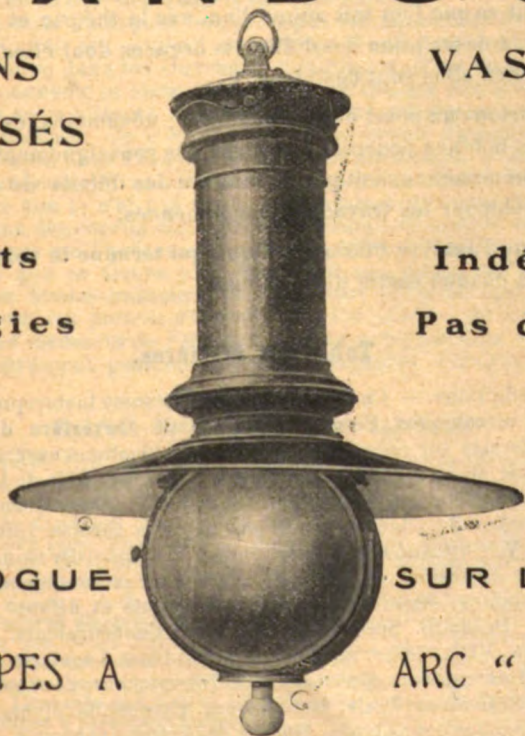
PAS DE GAZ
NOCIFS

CATALOGUE

SUR DEMANDE

C^{ie} DES LAMPES A

ARC "JANDUS"



Téléphone : 912-65

Métre : BAGNOLET.

35, rue de Bagnolet, PARIS (XX^e)

BIBLIOTHÈQUE GÉNÉRALE DES SCIENCES

LA

BOBINE D'INDUCTION

Par H. ARMAGNAT,

[Chef du Bureau des Mesures électriques aux Ateliers Carpentier.

In-8 (23-14) de vi-223 pages, avec 109 figures, cartonné; 1905 5 fr.

Introduction.

Bien que la bobine d'induction soit un des plus anciens instruments d'électricité d'usage courant, sa théorie est encore très mal connue à cause des nombreux facteurs qu'il faut envisager. Tous les ouvrages spécialement consacrés à cet appareil ont été surtout descriptifs et n'ont donné que des notions très vagues sur les travaux théoriques faits sur cette question; il y avait donc une lacune à combler en réunissant tout ce que l'on sait aujourd'hui sur la théorie et le fonctionnement pratique des bobines sans négliger la description des différents organes dont elles se composent ni les principales applications auxquelles elles sont destinées.

L'ouvrage a été écrit surtout au point de vue physique; néanmoins les nombreuses personnes qui se servent aujourd'hui des bobines pourront y trouver des renseignements utiles, soit pour se faire une idée plus nette des phénomènes, soit pour connaître les détails de construction et de manipulation, soit enfin pour développer les travaux déjà commencés.

A ce dernier point de vue l'analyse bibliographique qui termine le volume permettra de retrouver sans peine ce qui a trait à chaque partie du problème.

Table des Matières.

CHAP. I. *Introduction*. Définitions. — CHAP. II. *Histoire*. Résumé historique. — CHAP. III. *Interrupteurs mécaniques*. Interrupteurs mécaniques. Fermeture du circuit. Ouverture du circuit. Période complète. Bobine sans condensateur, fermée sur résistance ohmique. Vérifications expérimentales. Étincelle de rupture. Vérification de la théorie de la moindre résistance à l'étincelle. Rôle de la capacité secondaire. Résonance. Rôle du fer. Effet de la décharge secondaire. — CHAP. IV. *Théorie. Interrupteurs électrolytiques*. Données expérimentales. Phases du phénomène. Éléments de la théorie. Interrupteurs électrolytiques sur courant alternatif. — CHAP. V. *Courant secondaire*. Potentiels explosifs. Étincelles. Schéma de la décharge par étincelles. Propriétés des étincelles. — CHAP. VI. *Puissance et rendement des bobines*. Puissance et rendement. Mesure des constantes. Essai des bobines. Accidents et défauts des bobines. — CHAP. VII. *Construction des bobines*. Primaire. Secondaire. Isolants. Condensateurs. Dimensions et proportions. Formes des bobines. — CHAP. VIII. *Interrupteurs*. Interrupteurs à contacts solides. Interrupteurs à mercure. Interrupteurs divers. Interrupteurs électrolytiques. Interrupteurs pour courant alternatif. — CHAP. IX. *Dispositifs spéciaux*. Transformateur Tesla. Résonateurs. Dispositifs divers. — CHAP. X. *Applications des bobines*. Installation et réglage des bobines. Charge des grandes capacités. Radiographie et radioscopie. Inflammation. Applications diverses. — CHAP. XI. *Bibliographie*.

Envoi franco dans toute l'Union postale contre mandat de poste ou valeur sur Paris.

COURS ÉLÉMENTAIRE D'ÉLECTRICITÉ

LOIS EXPÉRIMENTALES ET PRINCIPES GÉNÉRAUX, INTRODUCTION A L'ÉLECTROTECHNIQUE.

LEÇONS PROFESSÉES A L'INSTITUT INDUSTRIEL DU NORD DE LA FRANCE,

PAR

Bernard BRUNHES,

Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille.

UN VOLUME IN-8, AVEC 137 FIGURES; 1895. — PRIX..... 5 FR.

Extrait de la Préface.

Ce petit Livre est la reproduction de mon Cours d'Électricité théorique aux élèves de la section de Génie civil (1^{re} année) de l'Institut industriel du Nord de la France. J'ai suivi, à très peu près, le même plan que dans les Conférences d'Electricité que j'avais faites à Paris, en 1892-1893, aux officiers de Marine détachés à l'Observatoire de Montsouris, Conférences que mes auditeurs m'ont, à maintes reprises, demandé de publier.

Le but que j'ai poursuivi est le suivant : introduire d'une façon rigoureusement scientifique, mais aussi élémentaire que possible, toutes les notions indispensables pour l'étude de l'Électrotechnique. Cette préoccupation de donner une base scientifique solide aux connaissances de mes élèves en Électricité distingue ce Livre des Cours et des Ouvrages destinés à un public dont on ne peut pas reprendre l'éducation première. C'est ainsi que je m'abstiens systématiquement de toute comparaison hydrodynamique. De semblables comparaisons permettent de revêtir d'une forme concrète les idées nouvelles qu'on veut présenter; mais, outre qu'elles prêtent à des confusions, elles me semblent avoir le grave inconvénient de donner l'illusion que l'on comprend, beaucoup plus que l'intelligence même. Comprendre une notion en Physique, c'est la relier par un lien logique, et non par une simple métaphore, à d'autres notions auxquelles l'esprit est déjà habitué.

Mais, si j'ai cherché à donner un exposé des principes fondamentaux de l'Électricité qui, logiquement, se suffit à lui-même, j'ai cru pouvoir supprimer d'une manière absolue quelques-uns des développements que l'on trouve dans les Ouvrages didactiques. C'est surtout en Electrostatique que j'ai élagué. On peut faire concevoir la force électromotrice comme une grandeur physique définie et mesurable, sans supposer à ses auditeurs l'instruction mathématique nécessaire pour comprendre ce qu'est le potentiel électrostatique. Ce n'est pas que j'aie craint d'employer, quand la chose était nécessaire, comme par exemple dans l'étude des courants alternatifs, le langage et les notations du Calcul différentiel; — les mêmes élèves suivent d'autre part un Cours où leur sont enseignés les éléments de l'Analyse; — ce que je n'ai pas voulu, c'est asseoir une idée physique essentielle sur des notions mathématiques, dans des esprits chez qui elles manquent encore de stabilité....

Par les différences mêmes qu'il présente avec les excellents Traités classiques qui ne sont plus rares aujourd'hui, j'estime que ce Cours peut être utile aux élèves de l'Enseignement secondaire aussi bien qu'aux élèves des Ecoles industrielles. Ceux qui voudront ensuite aller plus loin sauront reconnaître, en maint endroit, les pierres d'attente que j'ai posées. Je crois être utile surtout aux personnes qui ont appris les éléments de l'Electricité à une époque déjà vieille de quelques années, et qui désirent le plus brièvement possible se rendre capables d'aborder aujourd'hui des études d'Électrotechnique.

Extrait de la Table des Matières.

Préface. CHAP. I. **Le courant.** Lois de Faraday. Définition et mesure du courant par le voltamètre. Loi de Joule. Résistance. Relation entre la résistance et le courant. Loi d'Ohm pour un circuit fermé. Définition et mesure de la force électromotrice par l'électromètre. Electromètre absolu. Loi d'Ohm pour une portion quelconque de circuit. Lois de Kirchhoff. Association des éléments de pile. Puissance disponible entre deux points d'un circuit. Énergie des piles. Polarisation. Accumulateurs. Piles thermo-électriques. — CHAP. II. **Magnétisme.** Champ magnétique. Le champ terrestre. Propriétés générales des forces newtoniennes. Aimanation. — CHAP. III. **Électromagnétisme.** Loi de Laplace. Expérience de Biot et Savart. Travail des forces électromagnétiques. Electro-aimants. Induction magnétique. Perméabilité. Le circuit magnétique. Electrodynamique. — CHAP. IV. **Mesures électriques.** Le galvanomètre. Mesure des angles. Méthode du miroir. Electrodynamomètre. Mesure des forces électromotrices. Mesure de la puissance. Mesure des résistances. Mesure des quantités d'électricité. Condensateur. Capacité d'un condensateur. Propriétés des diélectriques. — CHAP. V. **Induction.** Variation du courant quand on lui fait produire du travail. Loi de Lenz. Inductions dans les masses métalliques. Courants alternatifs. Énergie perdue par l'hystérésis. — CHAP. VI. **Unités électriques.** — CHAP. VII. **Principes d'Électrotechnique.** La conservation de l'énergie. Dynamos. Induits. Production du champ dans les dynamos. Rendement d'une dynamo. Moteurs à courants continus. Transport de la puissance motrice. Alternateurs et transformateurs. Moteurs à courants alternatifs. Éclairage électrique. — APPENDICE. Le second principe de la Thermodynamique et la pile.

LEÇONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE DE MONTEFIORE

ANNEXÉ A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,

Par **Eric GERARD**, Directeur de cet Institut.7^e ÉDITION. — 2 VOLUMES GRAND IN-8 (25×16), SE VENDANT SÉPARÉMENT.

- TOME I. — *Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Electrométrie. Théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques.* Avec 400 figures; 1905..... 12 fr.
- TOME II. — *Transformateurs électriques. Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Applications de l'électricité à la télégraphie et à la téléphonie, à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à l'éclairage et à la métallurgie.* Avec 432 figures; 1905..... 12 fr.

Le développement que l'éditeur a donné au tirage de la sixième édition a laissé à l'auteur le temps de préparer une refonte complète de l'Ouvrage et de développer certaines parties, notamment celles qui visent la théorie et les emplois des courants alternatifs. On jugera, par une courte énumération, des additions que renferme cette septième édition du premier Volume.

Dans les Chapitres relatifs au Magnétisme, on trouvera des données sur les écrans magnétiques, sur l'effet de la durée de l'aimantation, sur les inscripteurs des courbes magnétiques et des renseignements numériques nouveaux sur les aimants permanents, ainsi que sur les fers et aciers employés dans l'industrie électrique.

Dans l'Électrostatique sont introduites les propriétés des rayons cathodiques, des rayons X et des corps radioactifs ainsi que des considérations sur les électrons.

Dans l'Électromagnétisme ont trouvé place des remarques destinées à éviter certaines confusions entre les feuillets et les courants, ainsi que le calcul des aimants permanents et de nouveaux problèmes d'application...

Un Chapitre nouveau, consacré à la représentation symbolique des grandeurs sinusoïdales, contient l'application de ce mode de calcul aux lois de Kirchhoff, aux circuits en série et en dérivation contenant des self-inductions et des capacités, aux puissances alternatives, ainsi qu'au problème de la propagation des ondes électriques dans les circuits linéaires.

Dans un autre Chapitre sont réunis les développements relatifs aux ondes hertziennes, y compris l'étude de la propagation de ces ondes dans un milieu diélectrique et dans un milieu conducteur.

La formule de Nernst, pour le calcul de la force électromotrice, trouve son emploi dans les piles. L'étude des accumulateurs a été reprise. Un premier Chapitre comporte des considérations générales sur les combinaisons susceptibles de former des piles secondaires et la description des accumulateurs autres que ceux au plomb. Ceux-ci sont étudiés à part, en tenant compte des progrès récents, tant dans la construction que dans la formation et l'entretien des couples secondaires.

Les Chapitres relatifs aux dynamos présentent aussi des remaniements considérables. On a insisté sur le décalage et les artifices de commutation. Le Chapitre des enroulements a été refait complètement, tant au point de vue du texte que des figures : les enroulements en série, en parallèle, en séries-parallèles, appliquée aux anneaux et aux tambours, ont été donnés avec leurs formules de construction. Parmi les additions se rangent le régulateur de Thury, l'étude de la distribution du flux dans les inducts dentés, les formules de dispersion et une méthode pour la détermination des frottements des dynamos.

Sont ajoutés au Chapitre relatif à la construction : l'étude des isolants spéciaux aux machines, des formules de construction et des dispositifs applicables à la fabrication des inducts dentés et aux bobinages sur calibres, les conditions indiquées par Arnold, Parshall et Hobart pour éviter les étincelles à la commutation, enfin des détails de construction des collecteurs et balais.

Les descriptions des dynamos comportent quelques-uns des types principaux exposés à Paris en 1900, ainsi que toutes les données relatives à ces machines.

Les projets de dynamos ont été repris entièrement et mis en concordance avec les règles récemment admises. L'étude des alternateurs forme actuellement une partie distincte de l'Ouvrage. Dans un premier Chapitre entrent les classifications et définitions, les calculs des forces électromotrices alternatives et les principaux modèles d'enroulements d'induits.

Un Chapitre descriptif contient des types caractéristiques de machines à courants alternatifs avec toutes les données de construction.

Un Chapitre spécial réservé aux essais des alternateurs comprend l'établissement des courbes caractéristiques et leur prédétermination à l'aide des divers flux qui interviennent dans ces appareils.

Après un examen général de l'association des alternateurs viennent l'analyse détaillée des phénomènes observés dans la mise en parallèle et l'étude par voie graphique et par voie algébrique de ces phénomènes et des procédés propres à éviter les perturbations.

La marche à suivre dans les projets des alternateurs et un exemple d'application à un cas spécial forment l'objet d'un Chapitre inédit qui se termine par des Tableaux récapitulatifs des dynamos calculées.

L'examen des transformateurs, ainsi que celui de certaines questions spéciales, telles que le compoundage des alternateurs, qui ne peuvent être étudiées utilement qu'après les moteurs électriques, est reporté dans le second Volume.

On constate par ce qui précède que l'auteur a insisté tout particulièrement sur les détails de construction et les projets de machines, que les élèves de l'Institut Montefiore effectuent sous la conduite de M. O. de Bast, sous-directeur, chef de travaux. Les développements des exercices et des projets traités dans ces dernières années sont en cours de publication.

ACCUMULATEURS **FULMEN**

pour

TOUTES APPLICATIONS

Bureaux et Usine : à CLICHY, 18, Quai de Clichy

Adresse télégraphique : FULMEN-CLICHY-LA-GARENNE.

TÉLÉPHONE : 511-86

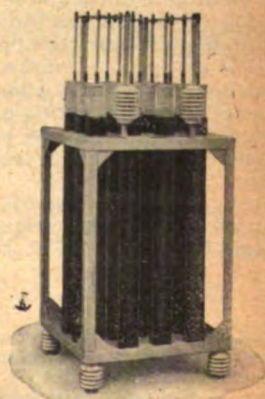
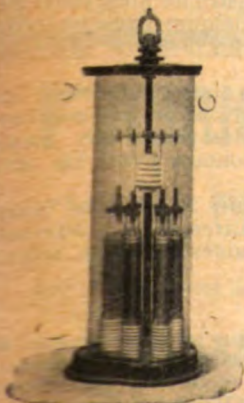
Protection des Réseaux

contre les décharges atmosphériques, charges
statiques et phénomènes de résonnance par les

CONDENSATEURS MOSCICKI

et les
SOUPAPES GILES

Batteries pour
Télégraphie sans fil
et toutes Applications



Soupape électrique.

G. CONTI, Ingénieur E. C. P. 5, rue d'Assas, PARIS.

Batterie pour parafoudre.

Digitized by Google

NOTIONS D'ÉLECTRICITÉ

SON UTILISATION DANS L'INDUSTRIE

d'après les Cours faits à la Fédération nationale des Chauffeurs, Conducteurs, Mécaniciens, Automobilistes de toutes industries,

Par Jacques GUILLAUME,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

Volume in-8 (23 × 14) de ix-351 pages, avec 154 figures; 1905..... 7 fr. 50.

Extrait de l'Avant-Propos.

La Fédération Nationale des Chauffeurs, Conducteurs, Mécaniciens, Automobilistes et parties similaires de toutes industries nous a fait l'honneur de nous confier, depuis quatre ans, un des Cours publics d'électricité organisés par elle.

Ces cours du soir sont fréquentés par des professionnels de l'industrie, des ouvriers qui n'hésitent pas à sacrifier une partie de leur repos pour s'instruire et élever leur esprit; c'est à ces travailleurs que nous dédions le présent ouvrage.

Nous espérons toutefois que beaucoup d'industriels voudront lui réserver un accueil bienveillant. L'électricité a si rapidement progressé depuis quelques années, que les gens du métier seuls ont pu se tenir à peu près au courant de son évolution.....

Pour cette nouvelle catégorie de lecteurs, nous avons complété largement nos notes en donnant le plus possible d'idées générales et en indiquant les tendances actuelles et les résultats déjà acquis.

La première partie de notre travail comporte l'étude des machines industrielles en elles-mêmes. Nous nous sommes efforcé, dans un constant souci de la généralisation, de montrer comment presque tous les phénomènes qui constituent le fonctionnement normal des appareils ou se manifestent lors de leurs dérangements, peuvent être compris, sinon prévus (et cela quels que soient le type et l'usage de la machine) quand on sait les rapporter à quelques lois générales telles que la loi de l'induction électromagnétique et la loi d'Ohm. Cette partie théorique, un peu aride, a été complétée par quelques détails sur la construction des machines et les particularités de leur utilisation. Tout en ne passant sous silence aucun des appareils qu'utilise aujourd'hui l'industrie, nous avons dû nous limiter à des renseignements sommaires sur les plus récents d'entre eux, dont le principe ne se prête guère à une exposition élémentaire.....

La seconde partie de notre travail a plus spécialement rapport à l'emploi des machines pour la production, le transport et l'utilisation de l'énergie électrique. Nous avons cherché à apporter le plus d'ordre possible dans l'étude de ces questions complexes et à insister sur celles qui se présentent le plus fréquemment dans la pratique moderne. Dans cet ordre d'idées, l'application de l'électricité à la traction nous a particulièrement retenu. Nous nous sommes encore efforcé d'exposer les principes généraux que semble masquer la variété extérieure des diverses constructions, mais dont la connaissance suffit pour apprendre à observer et à réfléchir.

Cet ouvrage n'étant que le développement de leçons orales, nous l'avons illustré de simples croquis, tels qu'on peut les tracer au tableau noir. Tout au plus avons-nous fait quelques exceptions à cette règle en faveur des applications les plus récemment développées, comme les moteurs d'induction et le matériel de traction.

Sans doute on voudra nous pardonner d'avoir, dans un travail d'allure élémentaire, cherché constamment la généralisation et d'être, par suite, resté parfois un peu superficiel. Nous croyons que si l'électricité semble encore, pour quelques-uns, entourée de mystère, c'est que les points de repère manquent pour rattacher les apparences observées aux phénomènes simples connus, c'est là notre excuse.....

Notre peine n'aura pas été stérile si nous avons pu inspirer à quelques lecteurs le désir d'approfondir les questions électriques; pour ceux-là les remarquables cours de nos maîtres, M. D. Mounier à l'Ecole Centrale et M. P. Janet à l'Ecole supérieure d'Electricité, seront les guides les plus sûrs....

Extrait de la Table des Matières.

Avant-propos. — Introduction. — Notions générales de mécanique. — Généralités sur les machines électriques industrielles. — Aimants. — Actions électro-magnétiques. — Application des notions précédentes aux machines industrielles. — Courant continu. — La dynamo à courant continu. — Moteurs à courant continu. — Courants alternatifs. — Généralités. — Appareils à courant alternatif excités par du courant continu. — Appareils à courant alternatif excités par des courants alternatifs. — Transformateurs de tension. — Bobines de self-induction. — Machines asynchrones. — Appareils transformateurs de courant alternatif en courant continu. — Utilisation des machines électriques. — Production. — Transport de l'énergie électrique. — Utilisation. — Tableaux de distribution. — Accumulateurs. — Traction. — Chemins de fer et tramways. — Automobiles.

SOCIÉTÉ DE L'ACCUMULATEUR TUDOR

Société anonyme. Capital : 2 200 000 francs.

SIÈGE SOCIAL : 26, rue de la Bienfaisance, PARIS (VIII^e)

USINES : 39 et 41, Route d'Arras, LILLE.

ROUEN : 2, place Carnot. — LYON : 106, rue de l'Hôtel-de-Ville.

INGÉNIEURS-REPRÉSENTANTS : NANTES : 7, rue Scribe. — TOULOUSE : 53, rue Raymond, IV. — NANCY : 4, rue Isabey.

Adresses télégraphiques :

TUDOR, Paris. — TUDOR, Lille. — TUDOR, Rouen. — TUDOR, Lyon. — TUDOR, Nantes.
TUDOR, Toulouse. — TUDOR, Nancy.

FONDERIE LAMINOIRS ET TRÉFILERIE

Usines : à PARIS et à BORNEL (Oise).

E. LOUYOT,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

PARIS. — 16, rue de la Folie-Méricourt. — PARIS.

Fil nickel pur, fil plaqué nickel sur acier. — Fil maillechort titré de haute résistance.

Tubes nickel pur pour Brûleurs et Inflammateurs.

Nickel pur, nickel plaqué sur acier. Maillechort de tous titres,
en feuilles, bandes, fils et tubes unis et gravés.

Bronze spécial pour ressorts.

ANODES FONDUES ET LAMINÉES.

Téléphone à PARIS 901.17 et à BORNEL.

USINES du PIED-SELLE, à FUMAY (Ardennes)

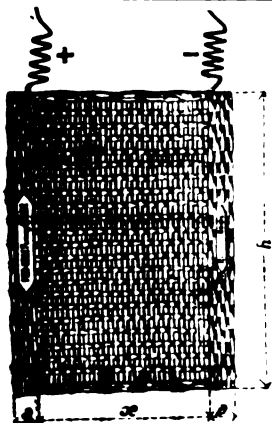
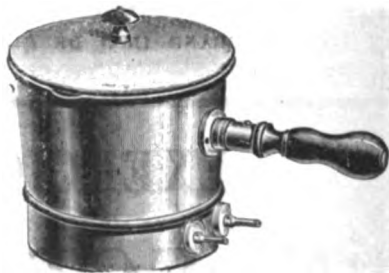
Appareils de

CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE

TOILES RÉSISTANTES

pour rhéostats.

*Envoi franco du Catalogue et
Renseignements.*



FABRIQUE SPÉCIALE DE MOULES

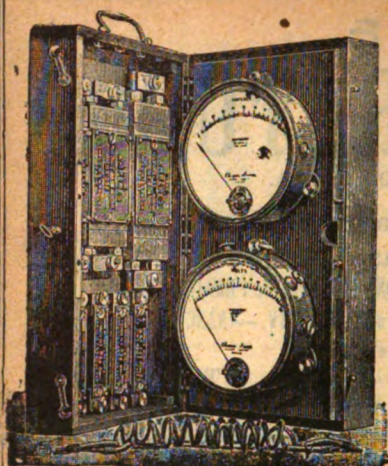
POUR

PLAQUES D'ACCUMULATEURS DE TOUS SYSTÈMES

Et tous objets destinés à être fondus en PLOMB, ÉTAIN ou ALLIAGE d'ALUMINIUM

APPAREILS pour L'EMPATAGE et LA PERFORATION

G. WEIERSMULLER, Constructeur-Mécanicien
8, rue de Tourtille, PARIS (XX^e arr.). — Téléphone 940.98.



CAISSE DE CONTROLE

CHAUVIN & ARNOUX

INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS.

Bureaux et Ateliers :
186, Rue Championnet, 186,

PARIS.

Téléphone N° 525,52.

GRANDS PRIX : Paris, 1900 ; Liège, 1905. MÉDAILLES
d'OR : Bruxelles, 1899 ; Paris, 1899 ; Paris, 1900,
Saint-Louis, 1904. HORS CONCOURS : Milan, 1906.

Voltmètres et Ampèremètres ENREGISTREURS

de 0,1 volt à 3000 volts
et de 1 à 5000 ampères.



ENREGISTREUR.

ENVOI FRANCO, SUR DEMANDE, DU NOUVEAU TARIF SPÉCIAL AUX APPAREILS DE TABLEAU.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS,
Quai des Grands-Augustins, 55, à Paris (6°).

Envoi franco dans toute l'Union postale contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

PAR

M. Alexandre GOUILLY,

Ingénieur des Arts et Manufactures, Répétiteur de Mécanique appliquée à l'École Centrale.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE 406 PAGES, AVEC 710 FIGURES; 1894. PRIX : 12 FR.

EXERCICES ET PROJETS D'ÉLECTROTECHNIQUE

PUBLIÉS SOUS LA DIRECTION DE

Eric GERARD,

Directeur de l'Institut électrotechnique
Montefiore.

Omer De BAST,

Sous-directeur de l'Institut électrotechnique
Montefiore.

DEUX VOLUMES GRAND IN-8 (25 × 16) SE VENDANT SÉPARÉMENT

TOME I. *Applications de la Théorie de l'électricité et du magnétisme.* Volume
de vii-240 pages, avec 96 figures; 1907..... 6 fr.

TOME II. *Applications relatives aux machines et installations électriques.*
(Sous presse.)

SOCIÉTÉ GRAMME

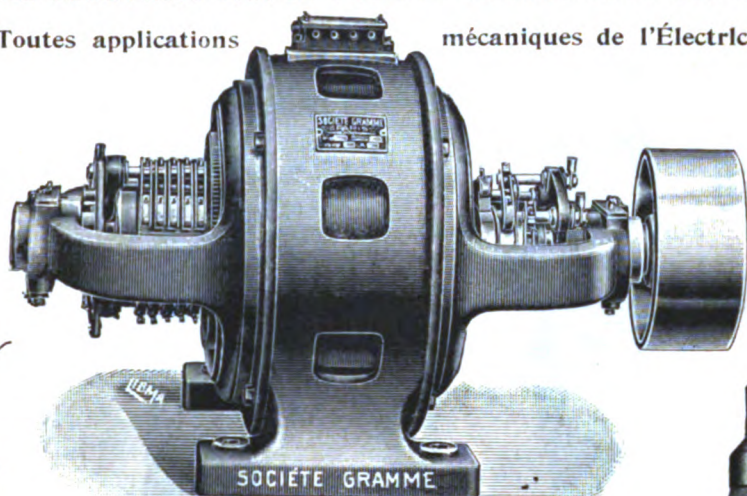
BUREAUX ET ATELIERS : 20, rue d'Hautpoul, 20, PARIS (XIX^e)

Adresse télégraphique : GRAMME-PARIS ☞ ☞ ☞ ☞ ☞ ☞ ☞ Téléphone : 402-01

MATÉRIEL CONSTRUIT PAR LA SOCIÉTÉ GRAMME DANS SES ATELIERS

Toutes applications

mécaniques de l'Électricité



Moteur monophasé à collecteur à vitesse variable.

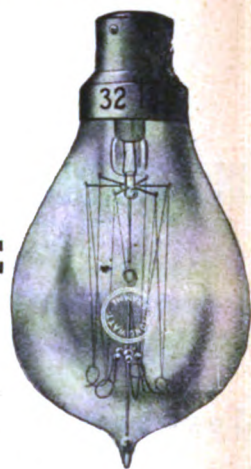
ÉCLAIRAGE - TRANSPORT DE FORCE

DYNAMOS ET MOTEURS A COURANT CONTINU

ALTERNATEURS, TRANSFORMATEURS

MOTEURS ASYNCHRONES, ACCUMULATEURS

LAMPES A ARC à feu nu et en vase clos



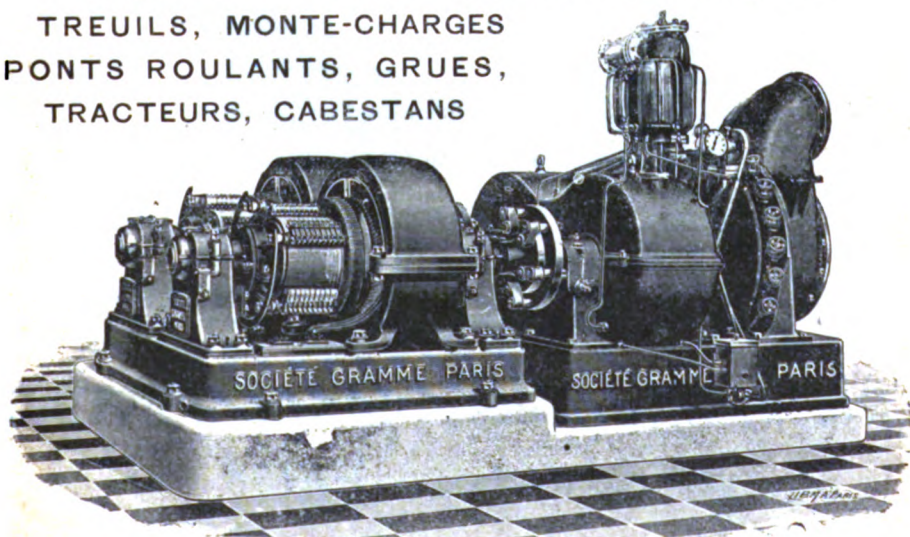
LAMPES à filaments métalliques MONOWATT GRAMME consommant quatre fois moins que les lampes courantes.

POMPES ET VENTILATEURS ÉLECTRIQUES

TREUILS, MONTE-CHARGES

PONTS ROULANTS, GRUES,

TRACTEURS, CABESTANS



Groupe turbo-dynamo à courant continu de 500 HP

Lampe SIRIUS KOLLOÏD

à Filament métallique

6 à 250

VOLTS

INCASSABLE

ÉCONOMIE:

USINE

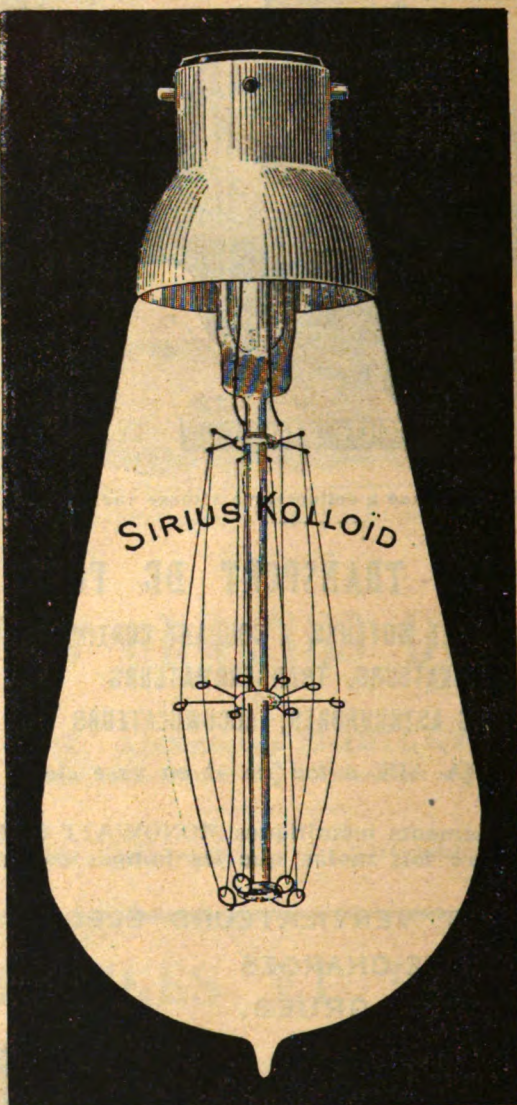
à Ivry-sur-Seine

1 watt

par **BOUGIE**

INCASSABLE

70 %



Fonctionne dans toutes les positions

EN VENTE CHEZ TOUS LES ÉLECTRICIENS

Société anonyme des USINES PINTSCH

46, rue d'Anjou, PARIS

TÉLÉPHONE 205-55

TÉLÉPHONE 205-55

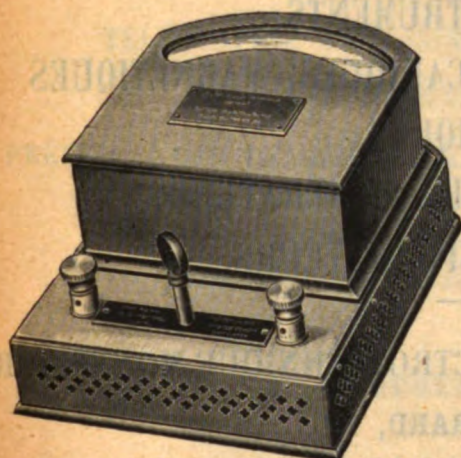
MAISON
ROUSSELLE ET TOURNAIRE

Société anonyme. — Capital : 500 000 francs.

52, Rue de Dunkerque. — PARIS (IX^e).

Seule Concessionnaire, pour la France et ses Colonies, des Appareils, Brevets et Procédés
de fabrication de la

Société **SIEMENS** et **HALSKE**



Voltmètre de précision pour 300 à 750 volts

INSTRUMENTS DE MESURE
Industriels et de laboratoire

Téléphonie et Télégraphie

Appareils indicateurs

Avertisseurs, signaux

Électricité médicale, etc.

LAMPE A FILAMENT DE TANTALE

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

POUR LA **PUBLICITÉ** S'ADRESSER A

M. CH. TESSIER

Agent Administratif de la Société.

Paris. — 12 & 14, rue de Staël. — Paris.

TÉLÉPHONE N° 708-68

MESURES ÉLECTRIQUES

ÉTALONS ET INSTRUMENTS.

ESSAIS MÉCANIQUES, PHOTOMÉCANIQUES, MAGNÉTIQUES
ET ÉLECTRIQUES.

APPLICATIONS AUX LIGNES, GÉNÉRATEURS,
MOTEURS ET TRANSFORMATEURS.

LEÇONS DONNÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE

Par **Eric GERARD**,

Directeur de cet Institut, Ingénieur principal des Télégraphes,
Professeur à l'Université de Liège.

3^e ÉDITION. IN-8 (25-16) DE IX-702 PAGES AVEC 304 FIGURES; 1908. . . . 12 FRANCS

L'aspect de cette troisième édition suffit pour montrer qu'elle comporte des développements considérables par rapport aux précédentes.

Tout ce qui touche à l'électricité se perfectionne en effet avec une rapidité qui fait le bonheur des inventeurs, mais qui impose à l'enseignement un effort continu pour se maintenir à la hauteur de sa tâche. Fidèle au désir de progrès qui m'a toujours préoccupé, j'ai remanié une grande partie des Chapitres de cet Ouvrage avec le souci d'y introduire les nouveautés importantes et de coordonner les méthodes pour en faciliter le souvenir. C'est ainsi que les étalons et les appareils de mesures électriques et photométriques ont été revus pour tenir compte des travaux nombreux dont ils ont fait l'objet dans ces dernières années. Le Chapitre relatif au matériel des salles de recherches de précision, ainsi que des laboratoires industriels, a été remanié et mis à jour.

Les ampèremètres et voltmètres industriels ont été traités à part, avec les développements qu'ils comportent les instruments pour courants alternatifs et les particularités relatives aux étalonnages.

Dans les méthodes de mesure, je signalerai les dispositions nouvelles pour la vérification des résistances étalons, l'extension des propriétés du pont de Wheatstone aux courants variables et les combinaisons récentes pour la mesure des puissances. Aux progrès relatifs aux compteurs s'ajoutent les méthodes de tarage et les principaux règlements concernant ces appareils. Les méthodes de mesure des coefficients d'induction, de la perméabilité et de l'hystérésis ont fait l'objet de remaniements nombreux.

C'est la dernière Partie de l'Ouvrage, dans laquelle sont traitées les applications des mesures aux diverses branches de l'Electrotechnique, qui a reçu les extensions les plus sérieuses, tant sous forme de méthodes nouvelles d'expérimentation que de schémas d'installation. Dans les essais des câbles, on trouvera de nombreuses additions touchant à la rigidité des diélectriques, aux épreuves d'isolement et aux recherches de dérangements dans les réseaux. Le Chapitre relatif aux générateurs et aux moteurs à courant continu a été développé spécialement en ce qui concerne les caractéristiques de fonctionnement, ainsi que les méthodes pour la séparation des pertes intérieures. En ce qui regarde les alternateurs et alternomoteurs, les méthodes d'enregistrement des courbes de ces appareils ont été revues, en même temps que des méthodes ont été indiquées pour analyser les harmoniques de ces courbes. La mesure des fréquences, le tracé des caractéristiques, la prédétermination de celles-ci et les méthodes de mesure du rendement ont fait l'objet de nouvelles études.

Un Chapitre indépendant a été consacré aux moteurs asynchrones, afin de permettre l'examen détaillé des méthodes de mesure du glissement et des essais directs et indirects du rendement.

A la fin du Volume ont été ajoutés, aux Tableaux antérieurs, un examen comparatif des règlements d'essais électriques adoptés dans les divers pays, ainsi que l'énumération des défauts pouvant se produire aux machines, avec les indices accusant ces dérangements.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS,

Quai des Grands-Augustins, 55, à Paris.

Envoi franco dans toute l'Union postale contre mandat de poste ou valeur sur Paris.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

ET LES APPLICATIONS PRATIQUES DES ONDES ÉLECTRIQUES

TÉLÉGRAPHIE AVEC CONDUCTEUR. TÉLÉPHONIE SANS FIL.

COMMANDE A DISTANCE.

PRÉVISION DES ORAGES. COURANT DE HAUTE FRÉQUENCE. ÉCLAIRAGE.

Par **Albert TURPAIN**,

Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de l'Université de Poitiers.

DEUXIÈME ÉDITION.

In-8 (23-14) de xi-386 pages, avec 220 figures; 1908. Cartonné..... 12 fr.

Préface de la deuxième édition.

Depuis deux ans déjà, cette seconde édition devrait être imprimée, si nous avions répondu à l'accueil qu'on a bien voulu faire à nos *Applications pratiques des ondes électriques*. Nous ne regrettons pas cependant de n'avoir pu trouver, jusqu'à ce jour, le loisir de mettre au point cette seconde édition. Cela nous a permis de mieux étudier et de situer d'une façon plus exacte les différentes questions que soulèvent les applications de plus en plus nombreuses des ondes hertziennes.

En particulier, en télégraphie sans fil, nous avons pu donner un exposé complet des déterminations des longueurs d'onde et surtout de l'importante question de l'amortissement et du rôle que joue sa mesure dans la réalisation d'un accouplement. C'est seulement par la mesure aussi exacte que possible de ces grandeurs que l'on peut espérer réaliser les meilleurs effets sélectifs. Les récentes et si intéressantes expériences que vient de faire, ces derniers mois, la marine française (expériences dont nous donnons les résultats), n'ont dû d'être couronnées du succès tout à fait inespéré auquel elles ont conduit, qu'au soin avec lequel les accouplements étaient réalisés et mesurés en mettant en œuvre les procédés basés sur la courbe de résonance que M. Tissot a su rendre pratique.

Tout en conservant le plan général de l'Ouvrage, nous avons fait la plus large part à la télégraphie sans fil. Après une étude générale des ondes électriques, des modes de production et d'observation de ces phénomènes, nous présentons les principes de leur application à la télégraphie dite sans fil. Dans trois Chapitres, nous étudions alors successivement les détails des dispositifs de télégraphes sans fil, les questions d'amortissement et d'accouplement, qui nous conduisent naturellement à envisager l'important problème de la syntonie et les diverses solutions qui en ont été proposées. Nous n'avons pas cru inutile de consacrer tout un Chapitre à la discussion de cet important problème, dont nous avons exposé toutes les solutions, mais aussi toutes les données. Les progrès de la télégraphie sans fil et les essais de téléphonie sans fil terminent la partie relative aux applications des ondes à la télégraphie dite sans fil.

Nous exposons ensuite les applications des ondes à la télégraphie avec conducteur. Nous regrettons d'être toujours le seul à avoir apporté une contribution à cette application que nous croyons devoir être plus féconde encore en résultats heureux que ne l'a été celle à la télégraphie sans conducteur.

Extrait de la Table des matières.

Production et observation des ondes électriques. Entretien d'un excitateur en activité. Sources d'électricité. Machines électriques. Bobines d'induction et interrupteurs. Application des ondes électriques à la télégraphie. Télégraphie sans fil. Longueurs d'onde et amortissement. Leurs mesures. Accouplement. Le problème de syntonie. Solutions proposées. Production des ondes électriques entretenues. Téléphonie sans fil. Télégraphie avec conducteur. Application des ondes électriques à la commande à distance. Application des ondes électriques à l'étude des orages. Courants de haute fréquence. Application des ondes électriques à l'éclairage.

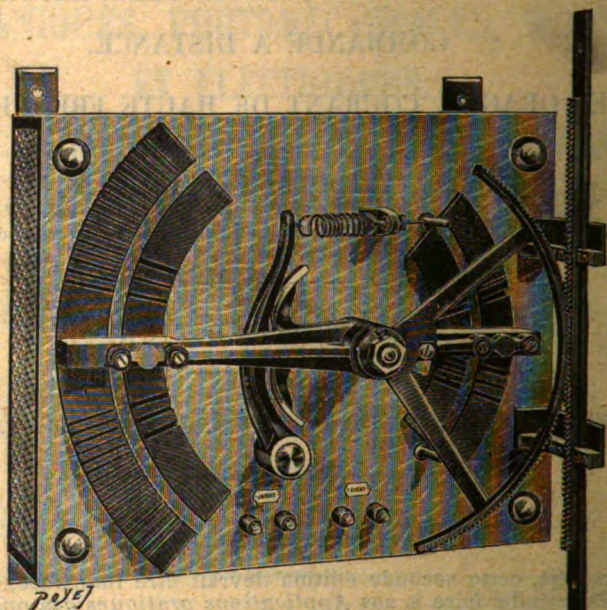
MANUFACTURE D'APPAREILS ÉLECTRIQUES

J.-A. GENTEUR

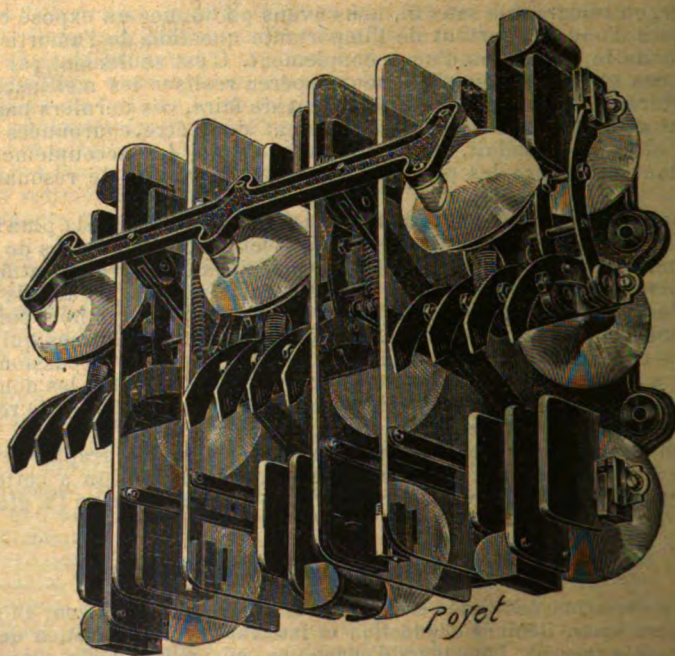
122, Avenue Philippe-Auguste, PARIS (XI^e)

TÉLÉPHONE 940.38

Tableaux de distribution. — Interrupteurs. — Rhéostats.
Disjoncteurs. — Appareils à haute tension. — Commutateurs, etc.
JEUX D'ORGUES POUR THÉÂTRES.



RHÉOSTAT inverseur de mise en marche, rupture brusque automatique, spécial pour les ascenseurs et les monte-charges.



COMMUTATEUR pour voltages très élevés, avec ruptures brusques, pare-étincelles, coupures multiples et écrans protecteurs entre les différents pôles.

FABRICATION ROBUSTE ET SOIGNÉE

Exposition 1900 : 3 Médailles, OR, ARGENT et BRONZE.

SCHNEIDER & C^{IE}

Siège social à PARIS, 42, rue d'Anjou (8^e arrondiss^t)

Ateliers d'Électricité à CHAMPAGNE-sur-SEINE (S.-et-M.).

ÉLECTRICITÉ

Installations complètes pour la production et l'utilisation de l'énergie; Eclairage, Transport de force, Tramways, Locomotives, Grues, Treuils, Ponts roulants, Monte-charges, Ascenseurs électriques.

MATÉRIEL SPÉCIAL POUR MINES

DYNAMOS SCHNEIDER, A COURANT CONTINU "TYPE S"

Dynamos pour Electrochimie et Electrometallurgie

ALTERNATEURS, ÉLECTROMOTEURS & TRANSFORMATEURS MONO, BI & TRIPHASÉS

Ateliers de Constructions du CREUSOT.

LOCOMOTIVES

APPAREILS MOTEURS de toutes puissances pour la navigation maritime et fluviale.

MACHINES MOTRICES, type Corliss, machines Compound, à grande vitesse, d'extraction, de forge, etc., appareils pour élévation d'eau et pour épuisement, souffleries, compresseurs d'air.

TURBINES A VAPEUR — MOTEURS A GAZ

de toutes puissances, syst. **Schneider**, fonctionnant soit au gaz de gazogène, soit au gaz de hauts fourneaux, moteurs à gaz pour la conduite des soufflantes et des dynamos.

GROUPES ÉLECTROGÈNES — TURBO-ALTERNATEURS — CHAUDIÈRES A BOUILLEURS

tubulaires; à foyer intérieur; multitubulaires, etc.

MACHINES-OUTILS de FORTE PUISSANCE. MARTEAUX-PILONS, PRESSES, etc.

TÉLÉPHONE : 229-07

Adresse Télégr. :
BITUMEN-PARIS



Prix, devis & échantillons
sur demande

CABLES ÉLECTRIQUES

sous

BITUME VULCANISÉ

*Câbles pour canalisations souterraines de lumière ou de force
(Tramways, etc.)*

Câbles pour canalisations minières, etc.

POSE COMPLÈTE DE RÉSEAUX SOUTERRAINS

M. W. HERRERO, Ingénieur-Constructeur, 40, Rue Condorcet (9^e)

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS,

Quai des Grands-Augustins, 55, à Paris (6^e).

Envoi franco dans toute l'Union postale contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

NOTIONS D'ÉLECTRICITÉ

SON UTILISATION DANS L'INDUSTRIE

après les Cours faits à la Fédération nationale des Chauffeurs, Conducteurs, Mécaniciens, Automobilistes de toutes industries.

Par Jacques GUILLAUME,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

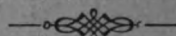
SOCIÉTÉ ANONYME DE CONSTRUCTION ET D'INSTALLATION ÉLECTRIQUES

Capital : 6.000.000 de francs.

Administration et Ateliers : 364, rue Lecourbe, PARIS

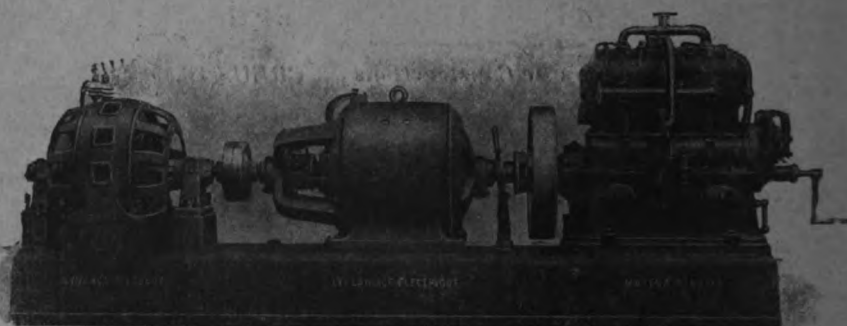
MATÉRIEL E. LABOUR

Télégramme : LECLIQUE-PARIS



Téléphone : 709-19 et 729 41

TURBO-ALTERNATEURS — STATIONS CENTRALES
POMPES CENTRIFUGES — VENTILATEURS ET CABESTANS
GROUPES DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL



Groupe électrogène de télégraphie sans fil de 30 chevaux des ports de Toulon, d'Oran et de Bizerte.

SOLIDITÉ ABSOLUE

BRILLANT PARFAIT

LA RADIONITE

BREVETÉE S. G. D. G.

Nouvel isolant électrique

CERTIFICAT DU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ

LA RADIONITE

se recommande pour son bon marché dans toutes applications,
se moule, se coupe, se tourne, se taraude, etc.

RADIGUET & C^{ie}

16, rue du Faubourg du Temple, PARIS

RENSEIGNEMENTS ET ÉCHANTILLONS SUR DEMANDE

